

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**Remoção de antinutrientes de fontes proteicas vegetais  
para alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*)**

**TESE DE DOUTORADO**

**Giovani Taffarel Bergamin**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**



**Remoção de antinutrientes de fontes proteicas vegetais  
para alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*)**

**Giovani Taffarel Bergamin**

Tese apresentada ao Curso de Doutorado do Programa de  
Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em  
Produção Animal, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM),  
como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Zootecnia.**

**Orientador: Prof. João Radünz Neto**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bergamin, Giovani Taffarel

Remoção de antinutrientes de fontes proteicas vegetais para alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*) / Giovani Taffarel Bergamin.-2013.

131 p.; 30cm

Orientador: João Radünz Neto

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, RS, 2013

1. piscicultura 2. nutrição de peixes 3. compostos fenólicos 4. ácido fítico 5. tanino I. Radünz Neto, João II. Título.

**Universidade Federal de Santa Maria  
Centro de Ciências Rurais  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,  
aprova a Tese de Doutorado

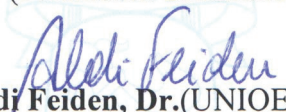
**REMOÇÃO DE ANTINUTRIENTES DE FONTES PROTEICAS  
VEGETAIS PARA ALIMENTAÇÃO DO JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)**

elaborada por  
**Giovani Taffarel Bergamin**

como requisito parcial para obtenção do grau de  
**Doutor em Zootecnia**

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

  
**João Radünz Neto, Dr.**  
(Presidente/Orientador)

  
**Aldi Feiden, Dr. (UNIOESTE)**

  
**Bernardo Baldisserotto, Dr. (UFSM)**

  
**Ivanir José Coldebella, Dr. (UNIPAMPA)**

  
**Rafael Lazzari, Dr. (UFSM)**

Santa Maria, 27 de fevereiro de 2013.



**Às famílias Taffarel e Bergamin,  
Dedico este trabalho.**





## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço aos meus pais, pelas orientações nas decisões difíceis, pelo exemplo e pela educação sob a qual fui criado. Tenham certeza de que vocês não poderiam ter sido melhores. Agradeço também a todos membros das famílias Taffarel e Bergamin. Todos vocês foram muito importantes para a minha formação como pessoa. Com vocês, aprendi que família é coisa séria. Que esta é uma das melhores e mais importantes coisas que uma pessoa precisa para se sentir completa. Graças a vocês, meus pais e família, hoje tenho segurança para dizer que sou uma pessoa de valor, o que é infinitamente mais importante que qualquer diploma.

Agradeço também à Cátia, companheira em todos os momentos, tanto na vida pessoal como na realização deste trabalho. Alemoa, muito obrigado por tudo!

Meus agradecimentos também à equipe do Laboratório de Piscicultura da UFSM, que sempre estive de prontidão durante a realização dos experimentos, em especial à Luciana Valentim Siqueira, que teve maior esforço dedicado a este trabalho, sempre com responsabilidade e bom humor. Passei 10 anos da minha vida neste ambiente e devo muito ao querido "setor". Além do crescimento profissional, ficam as amizades e o desejo de que a equipe, mesmo sendo renovada, mantenha o espírito de corpo que sempre foi a nossa marca registrada.

Agradeço ao professor Radünz, pelos valiosos ensinamentos técnicos, pelos sábios conselhos em momentos de decisão e sobretudo pela amizade. Com o senhor, aprendi que para poder mandar é preciso saber fazer e que para uma equipe ser produtiva, o respeito pelo líder deve ser conquistado e não imposto. O senhor é um verdadeiro líder e um exemplo de cidadão. Muito obrigado por tudo.

Meus sinceros agradecimentos à EMBRAPA, especialmente aos profissionais Carlos Magno Campos da Rocha, Ariovaldo Luchiari Júnior e Neusa Alice dos Santos, pela sensibilidade e bom senso, sem os quais eu não teria condições de finalizar esta etapa.

Agradeço também ao professor do CESNORS/UFSM, Sílvio Teixeira da Costa, pelo grande auxílio no trabalho de histologia, juntamente com Mabel Molinari e Luíza Loebens.

À CAPES, agradeço pelo auxílio financeiro, na forma de bolsa de doutorado.

Por fim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

Muito obrigado.



*“Um homem precisa viajar. Por sua conta, não por meio de histórias, imagens, livros ou TV. Precisa viajar por si, com seus olhos e pés, para entender o que é seu. Para um dia plantar as suas próprias árvores e dar-lhes valor. Conhecer o frio para desfrutar o calor. E o oposto. Sentir a distância e o desabrigo para estar bem sob o próprio teto. Um homem precisa viajar para lugares que não conhece para quebrar essa arrogância que nos faz ver o mundo como o imaginamos, e não simplesmente como é ou pode ser. Que nos faz professores e doutores do que não vimos, quando deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver”.*

Amyr Klink



## RESUMO

Tese de Doutorado

Programa de Pós-Graduação em Zootecnia  
Universidade Federal de Santa Maria

### REMOÇÃO DE ANTINUTRIENTES DE FONTES PROTÉICAS VEGETAIS PARA ALIMENTAÇÃO DO JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)

AUTOR: GIOVANI TAFFAREL BERGAMIN

ORIENTADOR: JOÃO RADÜNZ NETO

Com a expansão da atividade de aquicultura, surgem também demandas por ingredientes de qualidade para uso em dietas para peixes. Nas últimas décadas, devido à probabilidade de escassez de farinha de peixe, diversas instituições de pesquisa, assim como a própria indústria, têm realizado estudos a fim de reduzir a dependência desta fonte de proteína, através de técnicas para o aumento da qualidade nutricional de ingredientes alternativos à farinha de peixe. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar diferentes métodos de inativação de compostos antinutricionais sobre a disponibilidade de nutrientes de fontes proteicas de origem vegetal para o jundiá. O trabalho foi dividido em três etapas: tratamento dos farelos, experimento de desempenho e experimento de digestibilidade. Na primeira etapa, foi feita a avaliação da eficiência de diferentes tratamentos químicos para remoção de ácido fítico, fenóis totais e taninos totais em farelos de canola, soja e girassol, visando a utilização em dietas para peixes. Os tratamentos foram: água acidificada (pH 1,0); etanol P.A. + metanol P.A. + água; etanol P.A. acidificado (pH 1,0); etanol P.A. + água 70:30 pH 1,0; água acidificada + etanol P.A. utilizados individualmente. O processamento dos farelos através de lavagem com água em pH 1,0, seguido por lavagem em etanol P.A, apresenta comportamento mais uniforme, sendo o mais indicado para a retirada de ácido fítico, fenóis totais e taninos totais dos farelos de canola, girassol e soja. No experimento de crescimento, foram avaliados desempenho zootécnico, composição corporal, parâmetros bioquímicos, perfil enzimático e morfometria intestinal de juvenis de jundiá alimentados com ingredientes vegetais, submetidos ou não a tratamento para remoção de antinutrientes. Os tratamentos foram: dieta controle, à base de farinha de peixe (CON); substituição de 30% da proteína da farinha de peixe por farelos de soja (SNT), canola (CNT) ou girassol (GNT) sem tratamento ou tratados: (ST), (CT) e (GT) (soja, canola e girassol, respectivamente). O tratamento é eficaz na remoção de antinutrientes, com exceção do ácido fítico do farelo de soja. Farelos de soja e canola tratados podem substituir 30% da proteína da farinha de peixe, sem prejudicar o crescimento dos animais. Não há diferença no desempenho de jundiás alimentados com farelo de canola tratado e não-tratado ou girassol tratado e não-tratado. Para farelo de soja, há melhora na qualidade nutricional após tratamento. As alterações bioquímicas não parecem estar ligadas aos fatores antinutricionais presentes. Não há interferência do tratamento sobre a atividade enzimática de jundiás. Peixes alimentados com os farelos não-tratados apresentam camada muscular do epitélio intestinal mais espessa. O número de vilosidades é maior nos peixes alimentados com os farelos tratados. Há aumento na espessura da *lamina propria* das vilosidades nos peixes alimentados com os farelos não-tratados. No experimento de digestibilidade, foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente dos farelos de canola, girassol e soja, submetidos ou não a tratamento químico para extração de antinutrientes, em dietas para o jundiá. O tratamento para remoção de antinutrientes não afeta os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, matéria seca e matéria orgânica dos farelos de soja e girassol. Para o farelo de canola, a remoção de fatores antinutricionais melhora a digestibilidade da matéria seca. A avaliação de tratamentos para retirada de fatores antinutricionais deve levar em consideração, além da remoção de antinutrientes, a concentração e/ou remoção dos demais nutrientes durante o processo e sua relação com a qualidade nutricional do ingrediente.

Palavras-chave: ácido fítico, compostos fenólicos, tanino, farelos vegetais, nutrição de peixes



## ABSTRACT

Animal Science Doctoral Thesis  
Post-Graduate Program in Animal Science  
Federal University of Santa Maria

### REMOVAL OF ANTINUTRIENTS IN PLANT PROTEIN SOURCES FOR JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) FEEDING

AUTHOR: GIOVANI TAFFAREL BERGAMIN

ADVISER: JOÃO RADÜNZ NETO

With the expanding aquaculture activity, high quality ingredients for fish feeding are required. In order to prevent the risk of depending on fish meal, research institutions and the industry itself, have conducted studies to reduce the dependence of fish meal increasing the nutritional value of alternative feedstuffs. The objective of the study was to evaluate different methods of inactivation of antinutritional compounds on nutrient availability of plant protein sources for catfish. The work was divided into three parts: removal of antinutrients, growth trial, and digestibility experiment. In the first part, different chemical treatments for removal of phytic acid, total phenols and tannins in canola, soybean and sunflower meals were tested. The treatments were: acidified water (pH 1.0); ethanol PA + methanol PA; acidified ethanol PA (pH 1.0); ethanol + water PA 70:30 pH 1.0; acidified water + ethanol PA, used separately. Washing with pH 1,0 water, followed by washing in ethanol PA was the best alternative for removal of phytic acid, phenols and tannins of canola, sunflower and soybean meal. In the growth experiment were evaluated growth performance, body composition, biochemical parameters, enzymatic profile and intestinal morphometry of juvenile catfish fed with plant ingredients, treated or not treated for removal of antinutrients. Treatments were: control diet, with fish meal as only protein source (CON); replacement of 30% of fishmeal protein by untreated soybean meal (SNT), canola meal (CNT) and sunflower meal (GNT) or the same ingredients submitted to treatment: (ST), (CT) and (GT) (soybean, canola and sunflower, respectively). The treatment is effective, with the exception of phytic acid in soybean meal. ST and CT can replace 30% of fish meal protein, without affecting the growth of animals. There is no difference in the performance of fish fed CT compared to CNT, and GT compared to GNT. For soybean meal, there is improvement in the nutritional value after treatment. The biochemical changes do not appear to be linked to the antinutritional factors. There is no interference of the treatment on the enzymatic activity of silver catfish. Fish fed with untreated ingredients showed enlargement in the thickness of the muscle layer in the intestinal epithelium. The number of villi is higher in fish fed with treated ingredients. There is an increase in the thickness of the *lamina propria* of the villi in fish fed with the untreated ingredients. In the digestibility experiment, were evaluated the apparent digestibility coefficients (ADCs) of plant ingredients, submitted or not to chemical treatment to remove antinutritional factors in diets for jundiá. The ADC for crude protein was higher in ST, compared to CT and CNT, but did not differ from the others. GNT, GT and CNT showed the lowest ADC for organic matter. The removal of antinutrients do not affect the ADC of crude protein, dry matter and organic matter in soybean and sunflower meal. For canola meal, removing antinutritional factors improve dry matter digestibility. In addition, besides the antinutrients, special care must be taken to concentration or removal of other nutrients when using chemical treatments, otherwise the nutritional value of the ingredient can be affected.

Keywords: phytic acid, phenolic compounds, tannin, plant protein sources, fish nutrition.





## LISTA DE FIGURAS

### **ARTIGO 1: Extração de antinutrientes e aumento da qualidade nutricional dos farelos de girassol, canola e soja para alimentação de peixes**

Figura 1. Concentração de fatores antinutricionais nos farelos tratados e não tratados, com percentual de variação em comparação aos não tratados..... 44

### **ARTIGO 2: Alimentação de jundiá (*Rhamdia quelen*) com farelos vegetais submetidos a tratamento para remoção de antinutrientes**

Figura 1. Morfometria do intestino médio de jundiás alimentados com dietas contendo farelos vegetais submetidos ou não a tratamento químico..... 81

Figura 2. Análise microscópica porção média do intestino dos juvenis de jundiá avaliados no experimento (aumento 10X) ..... 82



## LISTA DE TABELAS

### **ARTIGO 2: Alimentação de jundiá (*Rhamdia quelen*) com farelos vegetais submetidos a tratamento para remoção de antinutrientes**

<b>Tabela 1.</b> Formulação e composição centesimal das dietas utilizadas no experimento .....	75
<b>Tabela 2.</b> Composição dos farelos tratados e não tratados .....	76
<b>Tabela 3.</b> Desempenho zootécnico dos juvenis de jundiá alimentados com diferentes fontes proteicas submetidas ou não a tratamento para remoção de fatores antinutricionais .....	77
<b>Tabela 4.</b> Rendimento de carcaça, índices somáticos e composição corporal de jundiás alimentados com diferentes fontes proteicas submetidas ou não a tratamento para remoção de fatores antinutricionais .....	78
<b>Tabela 5.</b> Parâmetros bioquímicos do plasma de jundiás alimentados com diferentes fontes proteicas submetidas ou não a tratamento para remoção de fatores antinutricionais .....	79
<b>Tabela 6.</b> Enzimas digestivas de jundiás alimentados com diferentes fontes proteicas submetidas ou não a tratamento para remoção de fatores antinutricionais (U enzima/minuto por mg de proteína tecidual) .....	80

### **ARTIGO 3: Digestibilidade aparente de farelos vegetais submetidos ou não a tratamento para remoção de antinutrientes em dietas para o jundiá (*Rhamdia quelen*)**

<b>Tabela 1.</b> Composição dos farelos tratados e não tratados testados no experimento .....	103
<b>Tabela 2.</b> Formulação e composição centesimal das dietas utilizadas no experimento de digestibilidade .....	104
<b>Tabela 3.</b> Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA %) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria orgânica (MO) dos ingredientes avaliados no experimento .....	105



## **LISTA DE APÊNDICES**

<b>APÊNDICE 1 – Concentração de fatores antinutricionais (% na amostra integral) nos farelos não tratados (NT) e após diferentes tratamentos usados no presente trabalho .....</b>	<b>117</b>
--	------------



## **LISTA DE ANEXOS**

<b>ANEXO 1 – Normas de publicação da Ciência Rural (Artigo 1) .....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO 2 – Normas de publicação da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (Artigos 2 e 3) .....</b>	<b>123</b>





## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>ARTIGO 1 - Extração de antinutrientes e aumento da qualidade nutricional dos farelos de girassol, canola e soja para alimentação</b> .....	<b>29</b>
INTRODUÇÃO.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	33
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
CONCLUSÕES .....	39
AGRADECIMENTOS .....	39
REFERÊNCIAS .....	40
<b>ARTIGO 2 - Alimentação de jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>) com farelos vegetais submetidos a tratamento para remoção de antinutrientes</b> .....	<b>47</b>
Introdução.....	49
Material e métodos .....	51
Resultados e discussão .....	56
Conclusões.....	65
Agradecimentos.....	65
Referências bibliográficas .....	66
<b>ARTIGO 3 - Digestibilidade aparente de farelos vegetais submetidos ou não a tratamento para remoção de antinutrientes em dietas para o jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)</b> .....	<b>83</b>
Introdução.....	85
Material e métodos .....	87
Resultados e discussão .....	91
Conclusões.....	95
Agradecimentos.....	96
Referências bibliográficas .....	96
<b>DISCUSSÃO</b> .....	<b>107</b>
<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>111</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>113</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>117</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>119</b>



## INTRODUÇÃO

A atividade de aquicultura no Brasil vem evoluindo nos últimos anos, com a produção de pescado proveniente da aquicultura atingindo 479.398,6 toneladas, em 2010, sendo 39,7% maior que a registrada para o ano de 2007 (289.049,5 toneladas). A produção da aquicultura continental responde por 82,25% deste valor, representada em sua maioria pela produção de peixes (MPA 2007; 2010).

Com o aumento da atividade de piscicultura, cresce também a necessidade de formulação de alimentos altamente digestíveis, equilibrados nutricionalmente e, principalmente, economicamente viáveis e menos impactantes do ponto de vista ecológico (WEBSTER; LIM, 2002).

Entre as frações de nutrientes encontradas nos alimentos, a proteína é considerada a mais nobre, por ser intensamente utilizada na renovação de tecidos e deposição de músculo, produto final desejado (WILSON, 2002). Devido à sua importância, explica-se o maior custo de aquisição de alimentos proteicos em relação aos demais.

Ingredientes proteicos de origem animal, principalmente a farinha de peixe e a farinha de carne, têm sido amplamente utilizados na alimentação de peixes, por apresentarem alto teor de proteína, composição de aminoácidos equilibrada e poucos ou nenhum fator antinutricional (EL-SAYED, 1999). Como pontos negativos, apresentam produção inconstante e grande variabilidade de composição entre lotes produzidos (CAMPESTRINI, 2005). Além disso, as fontes de origem animal contribuem para maior excreção de fósforo pelos peixes, o que é negativo do ponto de vista ambiental. Assim, cresce a necessidade de utilização de fontes proteicas de origem vegetal em detrimento às de origem animal, seja pelo custo, pela disponibilidade, pela padronização da composição ou pela importância ecológica (GATLIN III et al., 2007; HARDY, 2010). Os ingredientes proteicos de origem vegetal representam uma alternativa para a formulação de alimentos e vêm sendo incluídos em dietas para peixes, seja em combinação a ingredientes de origem animal ou associando-se dois ou mais farelos vegetais na mesma dieta (KHAN et al., 2003).

Dietas à base de fontes proteicas vegetais são mais facilmente assimiladas por espécies onívoras, podendo, em alguns casos, substituir totalmente as farinhas animais. Contudo, para peixes carnívoros, a utilização de ingredientes vegetais ainda é limitada, tanto pela morfologia e fisiologia digestiva, quanto pelas limitações nutricionais apresentadas por estas fontes de

proteína, como deficiência em aminoácidos essenciais e presença de antinutrientes (GATLIN III et al., 2007; HARDY, 2010).

Entre as oleaginosas mais produzidas no estado do Rio Grande do Sul, destacam-se a soja, a canola e o girassol, devido à quantidade de óleo obtido destas culturas e à sua adaptação ao clima da região (SILVA; FREITAS, 2008). O beneficiamento destas culturas para a obtenção de óleo gera coprodutos, em especial os farelos, os quais são largamente utilizados na alimentação animal.

Os farelos vegetais possuem valor nutricional inferior ao das fontes de origem animal e contêm compostos que reduzem seu valor para a utilização na aquicultura. Compostos antinutricionais, como inibidores de protease, fenóis em geral, taninos, ácido erúico, ácido clorogênico, lectinas, saponinas e fitato são parcialmente extraídos ou inativados pelo tratamento térmico e extração por solventes durante o processamento das oleaginosas para obtenção de óleo. Tais processos diminuem ou anulam seus efeitos para a maioria dos animais terrestres como suínos e aves. Contudo, para peixes, pequenas quantidades remanescentes destes compostos ainda possuem efeito negativo sobre o desempenho dos animais (TACON, 1997). Além disso, existem também fatores antinutricionais termoestáveis, os quais exigem o fracionamento dessas fontes para sua extração.

Alguns métodos de extração de compostos termoestáveis vêm sendo avaliados para fontes de origem vegetal, utilizando principalmente solventes orgânicos e inorgânicos, tratamentos enzimáticos e fermentação láctica (DOMÍNGUEZ et al., 1995; VIELMA et al., 2002; DREW et al., 2007; KRAUGERUD; SVIHUS, 2011; NAGEL et al., 2012). Este fracionamento ou retirada de compostos aumenta a concentração de nutrientes da fonte trabalhada, principalmente da proteína, podendo também melhorar o aproveitamento (digestibilidade) dos nutrientes. Isto potencializa a utilização de ingredientes proteicos de origem vegetal em substituição aos de origem animal, com maior e melhor aporte de proteína e manutenção da qualidade do produto a baixo custo, com benefícios ao ambiente.

No Brasil, embora as espécies exóticas (carpas e tilápia) ainda representem a maior parcela na produção de pescado em aquicultura, grande crescimento tem sido observado com relação às espécies nativas. Na região sul do Brasil, a espécie nativa que tem se destacado na piscicultura é o jundiá (*Rhamdia quelen*). Esta espécie é adaptada a regiões de clima frio, apresenta índices zootécnicos desejáveis em piscicultura e alimenta-se inclusive durante o inverno (FRACALOSSO et al., 2002). Possui grande resistência ao manejo (BALDISSEROTTO; RADÜNZ NETO, 2004) e adensamento no cultivo, apresenta facilidade na obtenção de formas jovens e tem grande apelo comercial na região em que é

produzido, tanto pelo sabor de sua carne, quanto pela ausência de espinhas intramusculares. O jundiá é uma espécie de hábito alimentar onívoro, mas possui exigências nutricionais semelhantes às de peixes carnívoros, sendo comumente chamado pela comunidade científica de onívoro exigente (MEYER; FRACALOSSO, 2005; RADÜNZ NETO, 2004). A produção desta espécie vem crescendo ao longo dos anos principalmente nos estados de Santa Catarina e, notadamente, no Rio Grande do Sul. No ano de 2007, a produção nacional foi de 667 toneladas, passando, em 2010, para 1274,3 toneladas, caracterizando aumento de 91,04% no período (MPA 2007, 2010). Assim, a determinação de dietas altamente digestíveis e de baixo impacto ambiental para esta espécie é de grande importância.

Portanto, tornam-se necessários estudos sobre a eficiência de processamento de fontes proteicas de origem vegetal e a utilização de nutrientes pelos peixes. Desta forma, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar diferentes métodos de inativação de compostos antinutricionais sobre a disponibilidade de nutrientes de fontes proteicas de origem vegetal para o jundiá. Como objetivos específicos visou-se: determinar os melhores métodos de processamento dos farelos de soja, canola e girassol; determinar os coeficientes de digestibilidade aparente dos ingredientes tratados; avaliar o desempenho zootécnico de juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo ingredientes submetidos a diferentes tratamentos para inativação dos fatores antinutricionais; verificar se há influência dos ingredientes tratados sobre parâmetros sanguíneos, composição de carcaça e morfologia intestinal do jundiá.



# ARTIGO 1

## Extração de antinutrientes dos farelos de girassol, canola e soja para alimentação de peixes

### Removal of antinutrients of sunflower, canola and soybean meals for fish feeding

Giovani Taffarel Bergamin<sup>1,2\*</sup> Cátia Aline Veiverberg<sup>3</sup> Leila Picolli da Silva<sup>1</sup> Alexandra Pretto<sup>1</sup> Luciana Valentim Siqueira<sup>1</sup> João Radünz Neto<sup>1</sup>

#### RESUMO

Neste trabalho avaliaram-se as concentrações de ácido fítico, fenóis totais e taninos totais em farelos de canola, girassol e soja, submetidos a diferentes tratamentos químicos, destinados para alimentação de peixes. Os tratamentos foram: A: água acidificada; EMA: etanol P.A. + metanol P.A. + água, na proporção 45:45:10; ET: etanol P.A. acidificado; ETA: etanol P.A. + água acidificada na proporção 70:30; AE: água acidificada e Etanol P.A. utilizados separadamente. No farelo de canola, os tratamentos EMA, ET e ETA aumentaram a concentração de ácido fítico. Os tratamentos AE e ETA foram mais eficientes na remoção de fenóis totais. O teor de taninos foi reduzido em todos os tratamentos, com destaque para ET, ETA e AE. Para o farelo de girassol, os teores de ácido fítico foram reduzidos com os tratamentos A e AE. O tratamento AE removeu a maior quantidade de fenóis totais e taninos totais. Para o farelo de soja, o tratamento A foi o único a reduzir o teor de ácido fítico. O

---

<sup>1</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Zootecnia, Laboratório de Piscicultura, Av. Roraima, 1000, Prédio 84, CEP 97105-900, Santa Maria, RS. \*E-mail: giovanitb@gmail.com. Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO, Brasil.

<sup>3</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha, Campus Júlio de Castilhos, RS.

1 tratamento AE foi mais eficiente na remoção de fenóis totais e taninos totais para este farelo.  
2 O tratamento AE representa a melhor alternativa para extração destes antinutrientes para os  
3 farelos de canola, girassol e soja.

4

5 **Palavras-chave:** ácido fítico, compostos fenólicos, taninos, fatores antinutricionais, fontes  
6 proteicas.

7

## 8 **ABSTRACT**

9 The phytic acid, phenolic compounds and total tannins contents of canola, sunflower  
10 and soybean meals subjected to different chemical treatments were evaluated in this study,  
11 aiming its inclusion in fish diets. The treatments were: a) A: acidified water (pH 1,0); b)  
12 EMA: ethanol (absolute) + methanol (absolute) + water, (45:45:10 ratio); c) ET: acidified  
13 ethanol (absolute) (pH 1,0); d) ETA: ethanol (absolute) + water (70:30 ratio) pH 1,0; e) AE:  
14 acidified water (pH 1,0) + ethanol (absolute) used separately. For canola meal, phytic acid  
15 content raised when treatments EMA, ET and ETA were used. Treatments AE and ETA were  
16 more efficient for reducing phenolic compounds. Total tannins showed reduction under all  
17 treatments, but ET, ETA, and AE were more effective. For sunflower meal, A and AE  
18 reduced phytic acid content, while the other treatments caused an increase in this antinutrient.  
19 Total phenols and tannins were most reduced under AE treatment. For soybean meal,  
20 treatment A was the only wich reduced phytic acid content. Treatment AE was the best on  
21 reducing total phenols and tannins for soybean meal. Treatment AE represents the best  
22 alternative for reducing phytic acid, total phenols and total tannins of canola, sunflower and  
23 soybean meals.

24

25 **Key words:** phytic acid, tannins, phenolic compounds, antinutritional factors, protein sources.



## 1 INTRODUÇÃO

2 A nutrição de peixes tem sido objeto de várias pesquisas ao longo dos anos, buscando-  
3 se aliar qualidade nutricional da dieta, economicidade e redução de impactos ambientais da  
4 atividade. As exigências de proteína para peixes são maiores do que para outros vertebrados,  
5 resultando na necessidade de altas taxas de inclusão de farinhas de origem animal,  
6 especialmente a farinha de peixe, chegando a níveis em torno de 60% na dieta (WILSON,  
7 2002).

8 Mesmo com a aquicultura sendo a principal atividade consumidora de farinha de peixe  
9 no mundo (60,8% em 2008), desde o ano de 2005 é observada queda na utilização deste  
10 ingrediente. Neste ano, 18,7%, em peso, de todo alimento utilizado em aquicultura, era  
11 composto por farinha de peixe. Em 2008, este número reduziu até 12,8%. Segundo dados da  
12 FAO (2012), a previsão é que em 2015 e 2020 estes valores cheguem a 7,1% e 4,9%,  
13 respectivamente. Esta redução se dará principalmente pela diminuição da oferta de pescado  
14 capturado de forma industrial, pelo estabelecimento de restrições e controle sobre a pesca não  
15 regulamentada e pelo aumento do uso de ingredientes substitutos tão ou mais eficazes que a  
16 farinha de peixe, inclusive com relação ao custo (FAO, 2012).

17 Nas últimas décadas, devido à probabilidade de escassez de farinha de peixe, diversas  
18 instituições de pesquisa, assim como a própria indústria, têm realizado estudos a fim de  
19 reduzir a dependência desta fonte de proteína (HARDY, 2010). Estes estudos estão  
20 contribuindo para a geração de informações tanto a respeito da fisiologia da digestão e  
21 exigências nutricionais das principais espécies, quanto sobre o processamento de outros  
22 ingredientes a serem utilizados em dietas para aquicultura (MWACHIREYA et al., 1999;  
23 FUH & CHIANG, 2001; GATLIN III et al., 2007; PICKARDT et al., 2009; OLIVERA-  
24 CASTILLO et al., 2011).

1           As fontes proteicas de origem vegetal caracterizam-se pela disponibilidade constante  
2 ao longo do ano, composição homogênea e custo relativamente inferior. Porém, quando  
3 utilizadas como único ingrediente proteico na dieta, há desequilíbrio de aminoácidos,  
4 comprometendo o desempenho dos animais (JAHAN et al., 2003). Além disso, apresentam  
5 fatores antinutricionais que afetam a eficiência de utilização dos nutrientes, prejudicando o  
6 crescimento dos peixes.

7           O farelo de soja é considerado a melhor fonte proteica de origem vegetal devido ao  
8 alto teor proteico, bom perfil de aminoácidos e facilidade de eliminação de fatores  
9 antinutricionais termolábeis (MOHANTA et al., 2007). Entretanto, o aumento do consumo de  
10 farelo de soja em dietas para outras espécies animais (aves e suínos, por exemplo), tem levado  
11 ao aumento do preço desse ingrediente (HARDY, 2010). Além disso, a presença de fatores  
12 antinutricionais termoestáveis (ácido fítico, inibidores de protease e polissacarídeos não  
13 amiláceos) limitam a inclusão deste ingrediente em dietas para peixes, especialmente nas  
14 fases mais exigentes (larvicultura e alevinagem) (GATLIN III et al., 2007).

15           O farelo de canola contém menos energia, menos proteína e em torno de três vezes  
16 mais fibra que o farelo de soja, mas possui mais vitaminas do complexo B e minerais  
17 essenciais que o farelo de soja. Além disso, farelo de canola possui duas vezes mais fósforo  
18 na forma não-fitato do que o farelo de soja. Os principais fatores antinutricionais presentes na  
19 canola, além dos glicosinolatos, são os taninos e o ácido fítico. Há evidências indicando  
20 inibição das funções digestivas pelos glicosinolatos e taninos, os quais interferem na ação de  
21 enzimas digestivas (por complexação), afetando principalmente a hidrólise de proteínas e  
22 amido (BELL, 1993).

23           O farelo de girassol, obtido após a extração do óleo, possui teor proteico em torno de  
24 35 a 50%, dependendo do processo de extração do óleo e da quantidade de cascas presentes  
25 no farelo (GONZÁLEZ-PÉREZ & VEREIJKEN, 2007). A utilização desta fonte proteica em

1 dietas para não-ruminantes, inclusive peixes, ainda é limitada pela presença de quantidades  
2 elevadas de compostos fenólicos, que causam redução da digestibilidade proteica e alteração  
3 das propriedades organolépticas e funcionais do farelo (SALGADO et al., 2012).

4 Atualmente, a escolha de ingredientes de origem vegetal depende basicamente da  
5 disponibilidade no mercado, dos custos de aquisição e transporte e da qualidade nutricional.  
6 Com o constante aumento no valor da farinha de peixe, os concentrados proteicos de origem  
7 vegetal têm se destacado em comparação aos farelos convencionais para a elaboração de  
8 dietas para aquicultura, principalmente para espécies de nível trófico elevado (carnívoros). A  
9 previsão é de que a demanda de concentrados proteicos de soja, por exemplo, supere 2,8  
10 milhões de toneladas em 2020 para uso em aquicultura (FAO, 2012). Neste contexto, surge a  
11 necessidade de avaliação de tecnologias para o melhor aproveitamento destes alimentos pelos  
12 animais.

13 O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes tratamentos químicos para  
14 remoção de ácido fítico, fenóis totais e taninos totais em farelos de canola, soja e girassol,  
15 visando a utilização em dietas para peixes.

16

## 17 **MATERIAL E MÉTODOS**

18 O experimento foi realizado no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal  
19 de Santa Maria, RS. Os farelos de canola, girassol e soja, adquiridos em indústria  
20 beneficiadora de grãos da região, foram submetidos a diversos tratamentos para a retirada de  
21 antinutrientes.

22 Primeiramente, os farelos foram moídos e peneirados em granulometria inferior a 600  
23  $\mu\text{m}$ . Os tratamentos consistiram em lavagem dos farelos com as seguintes soluções:  
24 tratamento A: água acidificada (pH 1,0); tratamento EMA: etanol P.A. + metanol P.A. + água,  
25 na proporção 45:45:10; tratamento ET: etanol P.A. acidificado (pH 1,0); tratamento ETA:

1 etanol P.A. + água na proporção 70:30 pH 1,0; tratamento AE: água acidificada + Etanol P.A.  
2 utilizados individualmente (duas lavagens). Em todos os tratamentos, foi utilizado ácido  
3 sulfúrico para diminuir o pH da solução até 1,0.

4 Todos os farelos foram submetidos à agitação em mesa agitadora (240 movimentos  
5 por minuto) durante uma hora nas respectivas soluções, na proporção farelo:solução de 1:10  
6 (peso/volume). Logo após a lavagem, todas as misturas (farelo + solução) tiveram pH  
7 ajustado para 7,0, utilizando-se hidróxido de sódio 1N. Então, a fração sólida dos farelos foi  
8 filtrada em papel filtro e a fração líquida centrifugada a 2500 rpm por 5 minutos para  
9 recuperação das partículas em suspensão. A fração sólida recuperada foi seca em estufa de  
10 circulação de ar forçada a 60°C por 24 horas, para posterior análise dos fatores  
11 antinutricionais. Além dos farelos tratados, foram analisados os farelos não tratados, na forma  
12 comercial (sub-produto da extração do óleo por prensagem seguida de lavagem com hexano).

13 Foram feitas as determinações dos teores de ácido fítico, compostos fenólicos totais e  
14 taninos totais para todos os tratamentos. A análise de ácido fítico foi feita pela extração com  
15 HCl, passando-se por coluna de troca aniônica, com leitura em espectrofotômetro UV/visível,  
16 de acordo com a metodologia descrita por LATTA & ESKIN (1980). Compostos fenólicos  
17 totais e taninos totais foram determinados de acordo com MAKKAR (2000), utilizando-se  
18 banho ultrassônico e ultracentrífuga, com leitura em espectrofotômetro UV/visível.

19 Os dados coletados foram submetidos a teste de normalidade e análise de variância. As  
20 médias, quando significativas, foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de  
21 significância ( $P < 0,05$ ). A comparação entre os tratamentos e os farelos não tratados foi feita  
22 pelo teste de Dunnett, também em nível de 5% de significância.

23

## 1 **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

2 Após o tratamento dos farelos com diferentes soluções, observou-se influência nos  
3 teores de antinutrientes em relação aos farelos comerciais (Figura 1). De acordo com o farelo,  
4 tipo de tratamento e antinutriente em questão foram observados efeitos positivos e negativos.  
5 Os teores de antinutrientes encontrados nos farelos não tratados mostraram-se semelhantes  
6 aos encontrados por outros pesquisadores (BELL, 1993; GATLIN III et al., 2007; NYINA-  
7 WAMWIZA et al., 2010; LOMASCOLO et al., 2012).

8 Todos os tratamentos avaliados apresentaram eficiência de remoção de compostos  
9 fenólicos em comparação com a concentração nos farelos comerciais (Figura 1). No farelo de  
10 canola os tratamentos AE e ETA foram os mais eficientes, com 87% e 77% de redução,  
11 respectivamente (Figura 1A). Os tratamentos A e EMA apresentaram os piores resultados  
12 para remoção desta fração. No farelo de girassol, o melhor resultado na extração deste  
13 componente foi proporcionado pelo tratamento AE (88%) (Figura 1B). Os teores de fenóis  
14 totais no farelo de soja foram menores no tratamento AE em comparação aos demais (84% de  
15 redução em comparação ao farelo comercial não-tratado), seguido em ordem de eficiência  
16 pelos tratamentos ETA, ET, EMA e A (Figura 1C). Os compostos fenólicos estão presentes  
17 na fração fibra alimentar de diferentes alimentos e podem ser considerados indigeríveis ou  
18 pobremente digeríveis além de causar efeitos adversos na cor, sabor e qualidade nutricional  
19 dos ingredientes vegetais utilizados na alimentação de peixes (SILVA & SILVA, 1999).

20 O teor de taninos totais dos farelos avaliados também foi diminuído em todos os  
21 tratamentos. No farelo de canola destacaram-se os tratamentos ET (92% de redução), AE  
22 (91%) e ETA (83%), os quais não diferiram entre si (Figura 1A). Embora os tratamentos A e  
23 EMA tenham reduzido o teor de taninos totais, foram menos eficientes em relação aos  
24 tratamentos ET e AE, não diferindo do tratamento ETA. No farelo de girassol, o tratamento  
25 AE foi o que se mostrou mais eficiente, com redução de 93% do teor de taninos totais em

1 comparação com o farelo comercial. No farelo de soja, todos os tratamentos avaliados  
2 apresentaram a mesma eficiência de remoção de taninos totais, variando de 81 a 95% de  
3 redução (Figura 1C). Os taninos apresentam grande tendência em formar complexos com  
4 proteínas, o que pode explicar a baixa digestibilidade das proteínas de leguminosas, inibição  
5 do crescimento e aumento da excreção de nitrogênio fecal em peixes (FRANCIS et al., 2001)

6 Para o farelo de canola, os teores de ácido fítico obtidos pelos tratamentos A e AE não  
7 diferiram significativamente do farelo não tratado. Os tratamentos EMA, ET e ETA causaram  
8 aumento na concentração deste antinutriente, sendo o tratamento EMA o que apresentou  
9 aumento de 99% em relação ao farelo não tratado (Figura 1A). O aumento pode ter sido  
10 ocasionado pela concentração de ácido fítico após o tratamento (lavagem), com a perda de  
11 outros componentes, como carboidratos solúveis, polissacarídeos não amiláceos, fibra,  
12 saponinas e algumas frações da proteína (MWACHIREYA et al, 1999). Mudanças na  
13 composição após tratamentos ácidos também foram observadas por outros autores. FUH &  
14 CHIANG (2001) propuseram a retirada de ácido fítico do farelo de arroz com ácido  
15 clorídrico, com posterior precipitação da proteína com hidróxido de sódio. Foi observada  
16 queda nos teores de Ca, P, K, Mg e 95% de diminuição do ácido fítico. Contudo, o teor de  
17 proteína também diminuiu. Mesmo assim, os teores de vitaminas permaneceram praticamente  
18 os mesmos. Os autores afirmam que, apesar da diminuição de alguns nutrientes, a  
19 permanência e possível reestruturação química de outros, pode causar diferentes efeitos  
20 metabólicos e zootécnicos quando o farelo for utilizado para alimentação animal.

21 Os teores de ácido fítico para o farelo de girassol foram reduzidos pelos tratamentos A  
22 (27%) e AE (26%). Os tratamentos ET, ETA e EMA causaram aumento nas concentrações,  
23 sendo este último tratamento o que apresentou os piores resultados (Figura 1B).

24 Para o farelo de soja, o tratamento A foi o único a diminuir o teor de ácido fítico  
25 (14%). Os demais apresentaram acréscimo nos valores, começando pelo tratamento AE,

1 seguido pelos tratamentos ET e ETA, os quais não diferiram entre si e, com o pior resultado, o  
2 tratamento EMA (Figura 1C).

3 Observando-se os resultados, fica evidenciada a necessidade de se conhecer  
4 detalhadamente a composição da matéria-prima a ser tratada, para que seja feita a correta  
5 escolha do tipo de solvente. Os métodos de extração ou inativação podem ser eficientes para a  
6 retirada de um ou vários antinutrientes, mas podem ao mesmo tempo comprometer a  
7 qualidade nutricional do farelo. Questões como tipo de antinutriente e grupo proteico  
8 predominante são fundamentais.

9 A fração proteica total das leguminosas é uma mistura complexa de globulinas (40-  
10 60%), albuminas (8-20%), prolaminas e glutelinas, sendo as duas primeiras os principais  
11 componentes, em proporções que oscilam entre as espécies, variedades e/ou cultivares.  
12 Apesar de a maior fração ser normalmente constituída por globulinas, esta apresenta menor  
13 qualidade nutricional que as albuminas, por isso, a maior proporção da última equivale a uma  
14 melhora no valor nutricional da proteína da semente (NEVES et al., 2006). Este conhecimento  
15 se torna importante, pelo fato de cada grupo proteico ser solúvel em determinado meio, como  
16 água, ácido, entre outros. Tais particularidades devem se refletir na escolha do tratamento,  
17 bem como cada farelo necessita de método individual de extração, priorizando-se os  
18 antinutrientes mais nocivos. A eficiência de inativação de um tratamento para diversos farelos  
19 pode ser diferente, podendo até mesmo aumentar a concentração de determinado  
20 antinutriente, devido à interação do solvente com as diferentes frações proteicas, o que pode  
21 ser observado no presente trabalho.

22 Os processos convencionais de extração de proteína podem resultar em produtos de  
23 coloração escura com baixa qualidade nutricional. Isto pode ser atribuído à ligação covalente  
24 entre compostos fenólicos e grupos reativos da proteína, como cisteína e lisina, durante o  
25 processamento em meio alcalino e pelo aquecimento. Os isolados proteicos de oleaginosas

1 são normalmente extraídos em meio alcalino devido à sua solubilidade (PICKARDT et al.,  
2 2009). No presente estudo, não foi observada mudança de coloração dos farelos para nenhum  
3 do tratamentos.

4 O tratamento AE, que consistiu em lavagem com água em pH 1,0, seguido por  
5 lavagem em etanol P.A, foi o que apresentou comportamento mais uniforme entre os três  
6 farelos. A purificação da proteína da soja por extração aquosa ou alcoólica (etanol, metanol,  
7 álcool isopropílico) permite a obtenção de concentrados e isolados proteicos de soja. Este  
8 processo leva à redução o teor de polissacarídeos não amiláceos, fibra e saponina,  
9 aumentando o valor nutricional da fonte. HAJEN et al. (1993), citado por DREW et al.,  
10 2007), trabalhando com farelo de soja e isolado protéico de soja obtidos através de extração  
11 aquosa ou com álcool verificaram menor consumo e crescimento em salmões alimentados  
12 com dietas contendo fontes tratadas por soluções aquosas. O menor desempenho pode ser  
13 atribuído à presença de saponinas, que são compostos termoestáveis solúveis em álcool,  
14 mostrando que alguns fatores devem ser tratados individualmente e que o conhecimento de  
15 metodologias específicas é muito importante. O tratamento AE, por utilizar as duas formas de  
16 extração, além de diminuir os teores de ácido fítico, fenóis e taninos, provavelmente auxiliou  
17 também na retirada de saponinas, mostrando-se como um método adequado e rápido para a  
18 extração nos farelos de canola, girassol e soja, para aplicação prática.

19 Os tratamentos proporcionaram a retirada de grande parte dos antinutrientes, contudo  
20 os teores remanescentes ainda podem causar efeito negativo no crescimento de peixes,  
21 dependendo da fase de cultivo e da exigência nutricional, principalmente se forem utilizados  
22 como única fonte de proteína da dieta (TACON et al., 1997). Ainda assim, é seguro afirmar  
23 que os farelos processados tenham ampliado seu potencial de uso. Contudo, a eficiência de  
24 utilização dos farelos tratados dependerá da sensibilidade da espécie de peixe enfocada a



1 diferentes tipos e teores de antinutrientes (OLIVERA-CASTILLO et al., 2011), tendo  
2 influência direta nos níveis de inclusão destes ingredientes em dietas para peixes.

3 Muitas vezes, em determinadas regiões, há carência de indústrias produtoras de  
4 diferentes concentrados proteicos. Quando há a possibilidade de aquisição através da  
5 indústria, normalmente o método utilizado para a obtenção do produto é mantido sob sigilo, o  
6 que não é desejável do ponto de vista científico. Assim, este método se mostra também como  
7 boa alternativa para o processamento de matérias-primas em laboratório, com vistas à  
8 pesquisa, podendo ser aprimorado e utilizado em outros farelos vegetais para alimentação  
9 animal.

10 O método de processamento com lavagem em água em pH 1,0 seguido por lavagem  
11 em etanol se mostra como alternativa para a obtenção de matérias-primas com baixo teor de  
12 antinutrientes para experimentação em nutrição de peixes, devendo ser aperfeiçoado e testado  
13 em outras fontes de proteína, de forma a reduzir a dependência das farinhas de origem animal.

14

## 15 **CONCLUSÕES**

16 O processamento dos farelos através de lavagem com água em pH 1,0, seguido por  
17 lavagem em etanol P.A é o mais indicado para a retirada de fenóis totais e taninos totais dos  
18 farelos de canola, girassol e soja, apresentando comportamento mais uniforme.

19

## 20 **AGRADECIMENTOS**

21 Os autores agradecem ao PPGZ/UFSM e à CAPES pela bolsa de doutorado (Giovani  
22 Taffarel Bergamin), ao CNPq pelas bolsas de produtividade em pesquisa (João Radünz Neto e  
23 Leila Picolli da Silva), à FAPERGS pela bolsa de iniciação científica (Luciana V. Siqueira) e  
24 ao CNPq/Ministério da Pesca e Aquicultura pelo financiamento parcial do projeto.

25

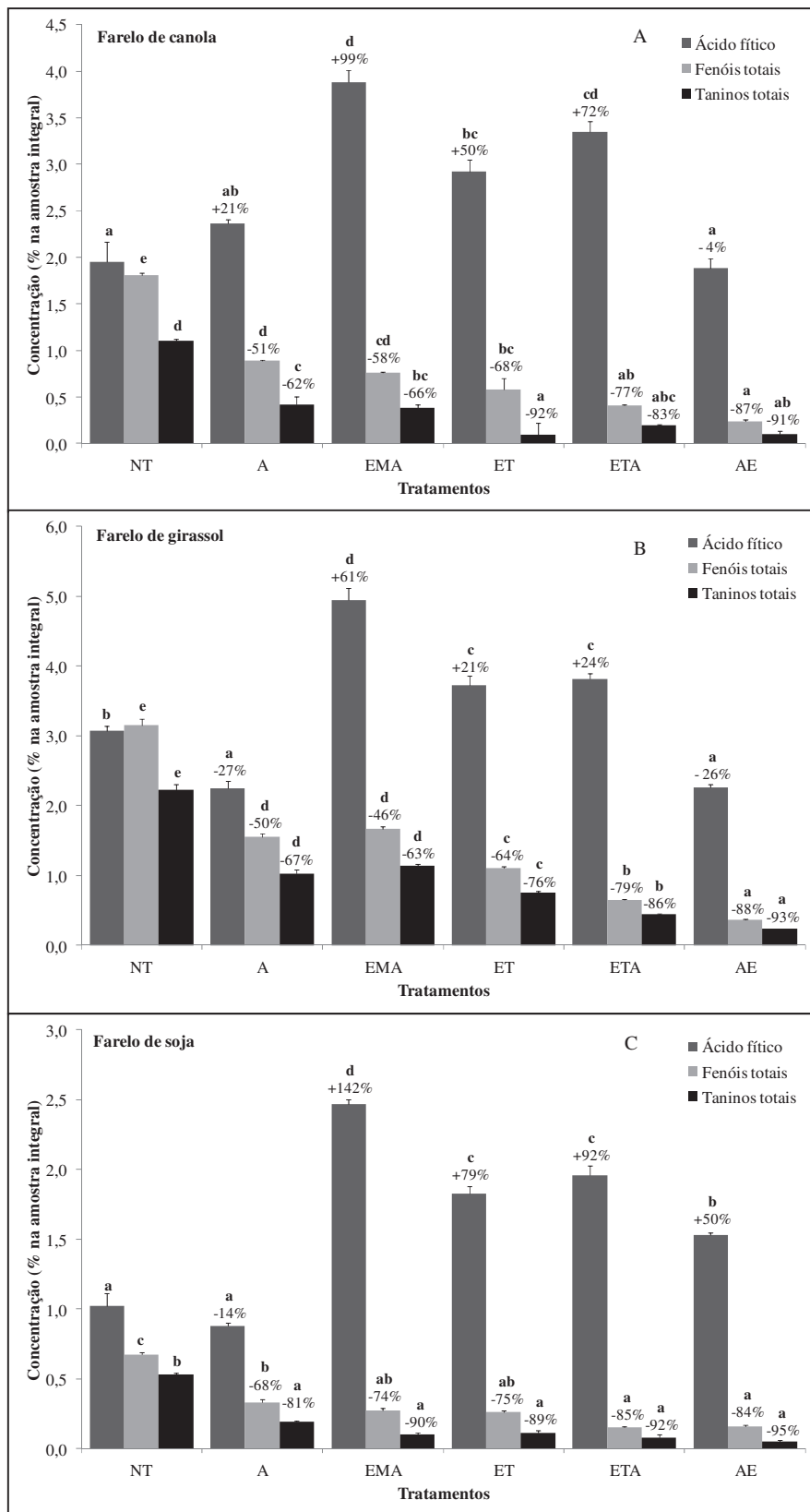
1 **REFERÊNCIAS**

- 2 BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. **Canadian**  
3 **Journal of Animal Science**, v.73, p.679-697, 1993. Disponível em  
4 <<http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/cjas93-075>> Acesso em 20 jan. 2013. doi:  
5 10.4141/cjas93-075.
- 6 DREW, M.D. et al. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in  
7 finfish. **Animal Feed Science and Technology**, v. 138, p.118-136, 2007. Disponível em  
8 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.019>> Acesso em 20 jan. 2013. doi:  
9 10.1016/j.anifeedsci.2007.06.019.
- 10 FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E  
11 ALIMENTAÇÃO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. 2012. Disponível em:  
12 <<http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s00.htm>>. Acesso em: 11 set 2012.
- 13 FUH, W.S.; CHIANG, B.H. Dephytinisation of Rice bran and manufacturing a new food  
14 ingredient. **Journal of the science of food and agriculture**, v.81, p.1419-1425, 2001.  
15 Disponível em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.962/abstract>> Acesso em 20  
16 jan. 2013. doi: 10.1002/jsfa.962.
- 17 FRANCIS, G. et al. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed  
18 ingredients and their effect in fish. **Aquaculture**, v.199, p.197-227, 2001. Disponível em <  
19 [http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00526-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00526-9)> Acesso em 20 jan. 2013. doi:  
20 10.1016/S0044-8486(01)00526-9.
- 21 GATLIN III, D.M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds:  
22 a review. **Aquaculture Research**, v.38, p.551-579, 2007. Disponível em  
23 <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x/abstract>> Acesso em  
24 20 jan. 2013. doi: 10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x.

- 1 GONZÁLEZ-PÉREZ, S.; VEREIJKEN, J.M. Sunflower proteins: overview of their  
2 physicochemical, structural and functional properties. **Journal of the Science of Food and**  
3 **Agriculture**, v.87, n.12, p.2173–2191, 2007. Disponível em  
4 <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/jsfa.2971/abstract>> Acesso em 20 jan. 2013. doi:  
5 10.1002/jsfa.2971.
- 6 HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and  
7 supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v.41, p.770-776, 2010. Disponível em  
8 <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x/abstract>> Acesso em  
9 20 jan. 2013. doi: 10.1111/j.1365-2109.2009.02349.x.
- 10 JAHAN, P. et al. Improved carp diets based on plant protein sources reduce environmental  
11 phosphorus loading. **Fisheries Science**, v. 69, p. 219-225, 2003. Disponível em  
12 <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1444-2906.2003.00611.x/full>> Acesso em 20  
13 jan.2013. doi: 10.1046/j.1444-2906.2003.00611.x.
- 14 LATTA, M.; ESKIN, M. A simple and rapid colorimetric method for phytate determination.  
15 **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.28, n.6, p.1313-1315, 1980. Disponível em  
16 <<http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf60232a049>> Acesso em 20 jan. 2013. doi:  
17 10.1021/jf60232a049.
- 18 LOMASCOLO, A. et al. Rapeseed and sunflower meal: a review on biotechnology status and  
19 challenges. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.95, p.1105-1114, 2012. Disponível  
20 em <<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00253-012-4250-6>> Acesso em 20 jan.  
21 2013. doi: 10.1007/s00253-012-4250-6.
- 22 MAKKAR, H. P. S. **Quantification of tannins in tree foliage**. Vienna: FAO/IAEA, 2000.  
23 26p.
- 24 MOHANTA, K.N. et al. Effect of different oil cake sources on growth, nutrient retention and  
25 digestibility, muscle nucleic acid content, gut enzyme activities and whole-body composition

- 1 in silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings. **Aquaculture Research**, v.38, p.1702-1713,  
2 2007. Disponível em <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2109.2007.01836.x/abstract)  
3 [2109.2007.01836.x/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2109.2007.01836.x/abstract)> Acesso em 20 jan. 2013. doi: 10.1111/j.1365-  
4 2109.2007.01836.x.
- 5 MWACHIREYA, S. A. et al. Digestibility of canola protein products derived from the  
6 physical, enzymatic and chemical processing of commercial canola meal in rainbow trout  
7 *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held in fresh water. **Aquaculture Nutrition**, v. 5, p. 73-82,  
8 1999. Disponível em <[http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2095.1999.00089.x/abstract)  
9 [2095.1999.00089.x/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1365-2095.1999.00089.x/abstract)> Acesso em 20 jan. 2013. doi: 10.1046/j.1365-  
10 2095.1999.00089.x.
- 11 NEVES, V.A. et al. Isolamento da globulina majoritária, digestibilidade *in vivo* e *in vitro* das  
12 proteínas do tremoço-doce (*Lupinus albus* L.) var. multolupa. **Ciência e Tecnologia dos**  
13 **Alimentos**, v.26, n.4, p.832-840, 2006. Disponível em <[http://dx.doi.org/10.1590/S0101-](http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000400019)  
14 [20612006000400019](http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612006000400019)> Acesso em 20 jan. 2013. doi: 10.1590/S0101-20612006000400019.
- 15 NYINA-WAMWIZA, L. et al. Partial or total replacement of fish meal by local agricultural  
16 by-products in diets of juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*): growth performance,  
17 feed efficiency and digestibility. **Aquaculture Nutrition**, v.16, p.237-247, 2010. Disponível  
18 em <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2095.2009.00658.x/abstract>> Acesso  
19 em 20 jan. 2013. doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00658.x.
- 20 OLIVERA-CASTILLO, L. et al. Substitution of fish meal with raw or treated cowpea (*Vigna*  
21 *unguiculata* L Walp (IT86-D719) meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry.  
22 **Aquaculture Nutrition**, v. 17, p. 101-111, 2011. Disponível em  
23 <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2095.2009.00739.x/abstract>> Acesso em  
24 20 jan. 2013. doi: 10.1111/j.1365-2095.2009.00739.x

- 1 PICKARDT, C. et al. Optimisation of mild-acidic protein extraction from defatted sunflower  
2 (*Helianthus annuus* L.) meal. **Food Hydrocolloids**, v.23, p. 1966-1973, 2009. Disponível em  
3 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.02.001>> Acesso em 20 jan. 2013. doi:  
4 10.1016/j.foodhyd.2009.02.001.
- 5 SILVA, M.R.; SILVA, M.A.A.P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de**  
6 **Nutrição**, v.12, n.1, p.5-19, 1999. Disponível em <[http://dx.doi.org/10.1590/S1415-](http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52731999000100002)  
7 [52731999000100002](http://dx.doi.org/10.1590/S1415-52731999000100002)> Acesso em 20 jan. 2013. doi: 10.1590/S1415-52731999000100002.
- 8 SALGADO, P.R. et al. Production and characterization of sunflower (*Helianthus annuus* L.)  
9 protein-enriched products obtained at pilot plant scale. **LWT - Food Science and**  
10 **Technology**, v.45, p.65-72, 2012. Disponível em  
11 <<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.021>> Acesso em 20 jan.2013. doi:  
12 10.1016/j.lwt.2011.07.021.
- 13 TACON, A.G.J. Fish meal replacers: review of anti-nutrients within oilseeds and pulses – a  
14 limiting factor for the aquafeed green revolution? In: TACON A.; BASURCA B. (Eds.)  
15 Feeding Tomorrow's fish. **Cahiers Options Méditerranéenes**, v.22, p.154-182. 1997.
- 16 WILSON, R.P. Aminoacids and protein. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. **Fish nutrition**.  
17 3rd Edition, USA: Elsevier Science, p. 144-175, 2002.
- 18



1

2

3

4

**Figura 1.** Concentração de fatores antinutricionais nos farelos tratados e não tratados, com percentual de variação em comparação aos não tratados. A) Farelo de canola; B) Farelo de girassol; C) Farelo de soja.

1           Tratamentos: NT: farelos não tratados; A: água acidificada (pH 1,0);  
2           EMA: etanol P.A. + metanol P.A. + água, na proporção 45:45:10; ET:  
3           etanol P.A. acidificado (pH 1,0); ETA: etanol P.A. + água 70:30 pH 1,0;  
4           AE: água acidificada + Etanol P.A. utilizados individualmente (duas  
5           lavagens). Médias seguidas de letras diferentes em colunas da mesma cor  
6           apresentam diferença estatística significativa.

7





## ARTIGO 2

### **Alimentação de jundiá (*Rhamdia quelen*) com farelos vegetais submetidos a tratamento para remoção de antinutrientes**

Giovani Taffarel Bergamin<sup>(1),(3)</sup>, Cátia Aline Veiverberg<sup>(2)</sup>, Luciana Valentim Siqueira<sup>(3)</sup>,  
Daniel Prois Flores<sup>(3)</sup>, João Radünz Neto<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO, Brasil. E-mail: [giovani.bergamin@embrapa.br](mailto:giovani.bergamin@embrapa.br)

<sup>(2)</sup> Instituto Federal Farroupilha – Campus Júlio de Castilhos, RS 527 - Estrada de Acesso Secundário a Tupanciretã - Distrito de São João do Barro Preto, 98130-000, Júlio de Castilhos, RS. E-mail: [catiaveiver@yahoo.com.br](mailto:catiaveiver@yahoo.com.br)

<sup>(3)</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Zootecnia, Laboratório de Piscicultura, Av. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: [luciana.siqueira@zootecnista.com.br](mailto:luciana.siqueira@zootecnista.com.br), [prois89@gmail.com](mailto:prois89@gmail.com), [jradunzneto@gmail.com](mailto:jradunzneto@gmail.com)

Resumo - O objetivo do trabalho foi avaliar crescimento, composição corporal, parâmetros bioquímicos, atividade enzimática e morfometria intestinal de jundiás alimentados com ingredientes vegetais submetidos ou não a tratamento químico (lavagem ácida seguida de lavagem com etanol) para remoção de ácido fítico, compostos fenólicos totais e taninos. Os tratamentos foram: dieta controle, à base de farinha de peixe (CON); substituição de 30% da proteína da farinha de peixe por farelos de soja (SNT), canola (CNT) ou girassol (GNT) sem tratamento ou tratados: (ST), (CT) e (GT) (soja, canola e girassol, respectivamente). O tratamento é eficaz na remoção de antinutrientes, com exceção do ácido fítico do farelo de soja. Farelos de soja e canola tratados podem substituir 30% da proteína da farinha de peixe, sem prejudicar o crescimento dos animais. Não há diferença no desempenho de jundiás alimentados com farelo de canola tratado e não-tratado ou girassol tratado e não-tratado. Para farelo de soja, há melhora na qualidade nutricional após tratamento. As alterações

1 bioquímicas não parecem estar ligadas aos fatores antinutricionais presentes. Não há  
2 interferência do tratamento sobre a atividade enzimática de jundiás. Peixes alimentados com  
3 os farelos não-tratados apresentam camada muscular do epitélio intestinal mais espessa. O  
4 número de vilosidades é maior nos peixes alimentados com os farelos tratados. Há aumento  
5 na espessura da *lamina propria* das vilosidades nos peixes alimentados com os farelos não-  
6 tratados.

7 Termos para indexação: farelo de soja, farelo de canola, farelo de girassol, crescimento,  
8 bioquímica, morfologia intestinal.

9

#### 10 **Antinutrient removal from plant protein sources in jundiá (*Rhamdia quelen*) feeding**

11

12 Abstract - The objective of this study was to evaluate growth, body composition, biochemical  
13 parameters, enzyme activity and intestinal morphology of jundiá fed with plant ingredients  
14 submitted or not to treatment for removal of phytic acid, tannins and phenolic compounds.  
15 The treatments were: control diet, with fish meal as only protein source (CON); replacement  
16 of 30% of fishmeal protein by untreated soybean meal (SNT), canola meal (CNT) and  
17 sunflower meal (GNT) or the same ingredients submitted to treatment: (ST), (CT) and (GT)  
18 (soybean, canola and sunflower, respectively). The treatment is effective in removing  
19 antinutrients, with the exception of phytic acid in soybean meal. ST and CT can replace 30%  
20 of fish meal protein, without affecting the growth of animals. There is no difference in the  
21 performance of fish fed CT compared to CNT, and GT compared to GNT. For soybean meal,  
22 there is improvement in the nutritional value after treatment. The biochemical changes do not  
23 appear to be linked to the antinutritional factors. There is no interference of the treatment on  
24 the enzymatic activity of silver catfish. Fish fed with untreated ingredients showed  
25 enlargement in the thickness of the muscle layer in the intestinal epithelium. The number of

1 villi is higher in fish fed with treated ingredients. There is an increase in the thickness of the  
2 lamina propria of the villi in fish fed with the untreated ingredients.

3 Index terms: soybean meal, canola meal, sunflower meal, growth, biochemistry, intestinal  
4 morphology.

5

6

## Introdução

7 Para acompanhar o crescimento populacional no mundo, mantendo o mesmo consumo  
8 per capita de alimentos aquáticos, em 2030 serão necessários 23 milhões de toneladas  
9 adicionais de pescado. Este fornecimento será suprido principalmente pela aquicultura, a qual  
10 dependerá da disponibilidade de alimentos de qualidade, em grande quantidade (FAO, 2012).

11 A produção mundial de farinha de peixe proveniente de captura aumentou de 5  
12 milhões de toneladas em 1976 para 7,48 milhões em 1994. Desde então, houve decréscimo  
13 contínuo, até chegar em 5,74 milhões de toneladas em 2009, caracterizando queda de 1,7% ao  
14 ano (FAO, 2012). Mesmo que nos próximos 10 anos a farinha de peixe ainda não seja um  
15 componente restritivo na formulação de dietas para aquicultura, é necessário aumento na  
16 produção e aperfeiçoamento de outros ingredientes que vêm sendo utilizados (FAO, 2012).  
17 Considerando a previsão da expansão da produção aquícola e conseqüentemente da demanda  
18 por farinha de peixe, somente espécies de alto valor econômico estarão aptas a competir por  
19 este ingrediente (Luo et al., 2012). As fontes de origem animal são ingredientes caros (Gaber,  
20 2006), o que vem gerando várias tentativas de sua substituição parcial ou total por fontes de  
21 origem vegetal (El-Sayed, 1999), com muitos avanços nos últimos anos (Hardy, 2010).  
22 Contudo, ainda há grande carência de informações sobre a utilização de alimentos mais  
23 eficientes para a aquicultura, tanto para as espécies principais, quanto para aquelas em  
24 ascensão, a fim de melhorar índices produtivos, reduzir o impacto ambiental e diminuir riscos  
25 e custos de produção.

1           Entre os principais ingredientes proteicos vegetais utilizados em dietas para  
2   aquicultura, destacam-se os farelos de soja, canola e girassol, coprodutos gerados a partir da  
3   extração de óleo. Estas oleaginosas são amplamente produzidas no mundo todo, inclusive no  
4   Brasil (Silva & Freitas, 2008). Estes farelos são considerados de alta qualidade, por possuírem  
5   bom perfil de aminoácidos e alto teor de proteína, variando de 30 a 50%, dependendo da fonte  
6   e da forma de processamento (Bell, 1993; González-Pérez & Vereijken, 2007; Mohanta et al.,  
7   2007). Entretanto, a utilização destes ingredientes é limitada pela presença de fatores  
8   antinutricionais. O farelo de soja possui inibidores de proteases, ácido fítico, tanino, lectinas e  
9   polissacarídeos não amiláceos. O farelo de canola também apresenta ácido fítico, fenóis em  
10   geral e taninos como antinutrientes, além de glicosinolatos. O farelo de girassol, por sua vez,  
11   possui altos teores de compostos fenólicos, tanino e fibra, tendo o uso mais limitado entre os  
12   três farelos citados (Bell, 1993; Gatlin III et al., 2007; Salgado et al., 2012). Tais fatores  
13   antinutricionais podem diminuir a eficiência de utilização do alimento, através de  
14   complexação com enzimas digestivas e nutrientes (principalmente proteína e minerais) ou  
15   alterações na viscosidade da digesta, velocidade de passagem e palatabilidade, podendo  
16   também causar lesões no epitélio intestinal.

17           Várias pesquisas vêm sendo feitas com o propósito de extrair e/ou inativar os fatores  
18   antinutricionais mais limitantes para farelos vegetais, de forma a melhorar o valor nutricional  
19   destes ingredientes e aumentar sua utilização em dietas para peixes. As principais tentativas  
20   estão sendo feitas através do uso de solventes orgânicos e inorgânicos, fermentação,  
21   aquecimento, tratamento enzimático, entre outros (Domínguez et al., 1995; Vielma et al.,  
22   2002; Drew et al., 2007; Kraugerud & Svihus, 2011; Nagel et al., 2012).

23           A nova tendência para evitar a utilização de solventes orgânicos tóxicos em  
24   instalações de grandes dimensões, renovou o interesse em processos de extração alternativos

1 (incluindo a utilização de água, soluções aquosas de álcool e fluidos supercríticos) e levou à  
2 investigação contínua em solventes biorenováveis (Domínguez et al., 1995).

3 Em espécies onívoras, o uso de dietas à base de proteína vegetal apresenta melhores  
4 resultados, sendo que para algumas espécies pode ser feita a substituição total de farinhas de  
5 origem animal. Peixes carnívoros, entretanto, possuem maior sensibilidade a estes  
6 ingredientes, limitando sua inclusão nas dietas. Embora exista esta tendência, a resposta a  
7 diferentes farelos, níveis de inclusão e tipo de antinutriente varia muito entre espécies de  
8 peixes, mesmo tendo o mesmo hábito alimentar (Gatlin III et al., 2007; Hardy, 2010).  
9 Aspectos como morfologia e fisiologia digestiva e características do alimento devem ser  
10 consideradas.

11 Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar desempenho zootécnico, composição  
12 corporal, parâmetros bioquímicos, perfil enzimático e morfometria intestinal de juvenis de  
13 jundiá alimentados com ingredientes vegetais, submetidos ou não a tratamento para remoção  
14 de ácido fítico, compostos fenólicos totais e taninos.

15

16

### **Material e métodos**

17 O experimento foi realizado no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal  
18 de Santa Maria, no período de outubro a dezembro de 2011, totalizando seis semanas de  
19 alimentação.

20 Foi utilizado um sistema de recirculação de água climatizado, com controle da  
21 temperatura da água e do ar, composto por 28 unidades experimentais com 90 L de volume  
22 útil cada e filtro biológico. Foram utilizados 840 juvenis de jundiá, com peso médio de 2,25 g,  
23 divididos em 28 unidades experimentais (30 peixes por unidade), totalizando quatro  
24 repetições por tratamento. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, na proporção de  
25 5% do peso vivo, às 09:00 e às 17:00 horas, sendo a quantidade de ração ajustada

1 semanalmente, através da pesagem da biomassa de cada unidade. A limpeza das unidades  
2 experimentais foi feita por sifonagem, às 08:00 e às 15:00 horas. Os tratamentos utilizados  
3 foram: dieta controle, à base de farinha de peixe (CON); substituição de 30% da proteína da  
4 farinha de peixe por farelo de soja (SNT), farelo de canola (CNT) ou farelo de girassol (GNT)  
5 sem tratamento; substituição de 30% da proteína da farinha de peixe por farelo de soja (ST),  
6 farelo de canola (CT) ou farelo de girassol (GT) tratados. A composição das dietas pode ser  
7 observada na Tabela 1.

8 Os farelos foram submetidos a tratamento químico para remoção de ácido fítico,  
9 compostos fenólicos e taninos, através da imersão e agitação dos farelos de girassol, canola e  
10 soja em solução ácida e etanol. Para a primeira fase de tratamento (imersão em solução ácida),  
11 400 g de farelo foram misturados a 4 L de água destilada em pH 1,0. Para ajuste do pH da  
12 água, foi utilizado ácido sulfúrico concentrado (98%). A mistura foi acondicionada em  
13 recipientes plásticos com 5 L de volume útil, sendo então submetida a agitação por uma hora  
14 em mesa agitadora (240 movimentos por minuto). Após agitação, a mistura foi filtrada em  
15 peneira de 100  $\mu\text{m}$ , de forma a retirar o máximo de umidade do farelo. O líquido resultante foi  
16 novamente filtrado em peneira de 25  $\mu\text{m}$ . O material sólido recuperado na segunda peneira foi  
17 reincorporado à massa úmida de farelo. O líquido proveniente da filtragem em peneira de 25  
18  $\mu\text{m}$  foi recolhido para precipitação e recuperação da proteína solubilizada. Para tal, o pH do  
19 líquido foi corrigido para 9,0 com hidróxido de sódio 1N, sendo logo após reduzido a 4,5,  
20 com ácido clorídrico 0,325N. Após o ajuste do pH, o líquido ficou em repouso para  
21 precipitação da proteína. O sobrenadante foi descartado e a proteína solubilizada foi  
22 centrifugada a 2500 rpm por 5 minutos. Novamente o sobrenadante foi descartado,  
23 recuperando-se a fração sólida.

24 O farelo proveniente do tratamento ácido foi então submetido a tratamento com álcool  
25 etílico comercial 96°. Para tal, o farelo úmido foi novamente transferido para recipiente com 5

1 L de volume útil, sendo adicionados 3 L de álcool etílico. A mistura foi submetida igualmente  
2 a agitação por uma hora. Após esta etapa, toda a mistura (farelo + álcool etílico). Teve o pH  
3 ajustado para 7,0 com hidróxido de sódio 1N. O farelo, assim como no tratamento ácido, foi  
4 filtrado em peneira de 100  $\mu\text{m}$  e 25  $\mu\text{m}$ . O líquido resultante da filtragem teve o pH  
5 manipulado da mesma forma que o tratamento ácido (ajuste para 9,0 e posteriormente para  
6 4,5). A precipitação e a recuperação da proteína solubilizada também foram feitas da mesma  
7 forma. Após a segunda filtragem, o farelo retido nas peneiras e a proteína solubilizada  
8 recuperada foram levados à estufa de circulação de ar forçada a ( $60^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) por 24 horas. A  
9 composição dos ingredientes tratados e não tratados, inclusive com os teores de antinutrientes,  
10 encontra-se na tabela 2.

11 Após a obtenção dos farelos, foram confeccionadas as dietas. Primeiramente, todos os  
12 ingredientes secos foram moídos, pesados e misturados em amassadeira de pás até completa  
13 homogeneização. Após a mistura dos ingredientes, adicionou-se água (aproximadamente 50%  
14 p/v), para permitir a peletização em moedor de carnes elétrico. Finalmente, as rações foram  
15 secas em estufa com circulação de ar forçada ( $60\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) por 24 horas e armazenadas em  
16 freezer ( $-18^{\circ}\text{C}$ ) durante todo o período de estocagem.

17 No início e final do período experimental os animais foram anestesiados com eugenol  
18 em dosagem de 20 mg/L (Cunha et al., 2010). Todos os peixes foram pesados  
19 individualmente, possibilitando a obtenção dos seguintes parâmetros: peso médio inicial (g),  
20 peso médio final (g), ganho em peso médio diário (g/dia), ganho em peso relativo (% em  
21 relação ao peso inicial), taxa de crescimento específico (%/dia), conversão alimentar aparente  
22 e sobrevivência (%).

23 Para coleta de sangue, dois juvenis de cada unidade experimental foram anestesiados  
24 com eugenol (20 mg/L de água). A coleta foi feita por punção da veia caudal, com  
25 anticoagulante (EDTA 10%). As amostras foram centrifugadas (1.000 x g por 10 minutos) e o

1 plasma utilizado para quantificação dos níveis de colesterol total, glicose, triglicerídeos,  
2 proteínas totais e albumina (kits colorimétricos Doles<sup>®</sup> - Goiânia, GO)

3 Os mesmos animais utilizados na coleta de sangue foram abatidos por hipotermia  
4 (água+gelo 1:1). Após, foram eviscerados, para obtenção dos pesos de fígado, trato digestório  
5 e gordura e comprimento do trato digestório. Os dados foram utilizados para o cálculo dos  
6 índices hepatossomático (%), digestivo-somático (%) índice de gordura visceral (%),  
7 quociente intestinal, (relação entre o comprimento do trato digestório e o comprimento total  
8 do peixe) e rendimento de carcaça (%).

9 A composição centesimal do peixe inteiro também foi determinada, coletando-se  
10 amostra no início do experimento e no final, quando foram utilizados dois animais por  
11 unidade experimental. Para tal, os peixes foram anestesiados e abatidos por hipotermia, sendo  
12 posteriormente moídos em processador de alimentos para obtenção de amostras homogêneas  
13 para análise dos teores de matéria seca, cinzas, proteína bruta e gordura. A partir destes  
14 valores, foram calculados o coeficiente de retenção proteica (%) e as taxas de deposição de  
15 proteína e gordura corporal (mg/dia).

16 O trato digestório foi dissecado em estômago, intestino anterior e intestino posterior,  
17 sendo a última porção descartada. As demais porções foram homogeneizadas em tampão pH  
18 7,0 e centrifugadas para obtenção de sobrenadantes utilizados na quantificação das atividades  
19 de protease ácida (estômago), amilase, tripsina e quimiotripsina, conforme descrito por  
20 Lazzari et al. (2010). As unidades de enzima foram definidas como a quantidade necessária  
21 para hidrolisar 1 µg ou 1 µmol de substrato por minuto, expresso por mg de proteína tecidual  
22 (Lowry et al., 1951).

23 Para quantificação dos parâmetros metabólicos, amostras de fígado de 50 mg foram  
24 homogeneizadas em 1 mL de tampão ácido (TCA 10%), 1 mL de tampão alcalino (KOH 6N)  
25 ou 1 mL de tampão neutro (fosfato de potássio 20 mM – pH 7,5) e centrifugadas para



1 obtenção dos sobrenadantes. Os parâmetros avaliados foram: aminoácidos livres (Spies,  
2 1957), aspartato aminotransferase e alanina aminotransferase (kit colorimétrico Doles<sup>®</sup> -  
3 Goiânia, GO), proteína (Lowry et al., 1951), amônia (Verdouw et al., 1978), glicose (Park &  
4 Johnson, 1949) e glicogênio (Bidinotto et al., 1997).

5        Para a avaliação da morfometria intestinal, foram utilizados 5 peixes por tratamento.  
6 Os animais foram anestesiados com eugenol (20 mg/L) e abatidos por hipotermia, passando  
7 por laparotomia abdominal para a coleta da porção intermediária do intestino posterior. As  
8 amostras foram então fixadas em formaldeído 4% e tampão fosfato pH 7,2 a 0,1M por 24  
9 horas. Em seguida, o material foi lavado com água destilada e armazenadas em etanol 70%.  
10 Para montagem das lâminas, as amostras passaram por desidratação em etanol e inclusão em  
11 parafina. Foram feitas secções transversais semi-seriadas (5 $\mu$ m), coradas com hematoxilina-  
12 eosina (HE). Foram feitos dois cortes por peixe, tomando-se 10 pontos diferentes por lâmina,  
13 gerando um total de 20 medidas por peixe. As imagens foram analisadas em microscópio  
14 acoplado a um sistema analisador de imagens. As variáveis observadas foram: área média das  
15 vilosidades ( $\mu\text{m}^2$ ), densidade de células caliciformes ( $\text{un}/\mu\text{m}^2$ ), espessura da camada muscular  
16 ( $\mu\text{m}$ ), número de vilosidades e alterações na espessura da lâmina própria.

17        Os dados coletados foram submetidos a análise de normalidade (teste de Shapiro-  
18 Wilk). Como todos os dados apresentaram distribuição normal, foram submetidos à análise de  
19 variância de uma via, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de  
20 probabilidade ( $P < 0,05$ ). Além disso, para os parâmetros zootécnicos e morfometria do  
21 intestino foi feita análise de contrastes ortogonais comparando os farelos tratados com os  
22 farelos não-tratados, em conjunto e individualmente.

23

## Resultados e discussão

1  
2 A composição dos farelos foi alterada após o tratamento para remoção de  
3 antinutrientes (Tabela 2). Após o tratamento dos farelos, um ponto importante a ser destacado  
4 diz respeito ao aumento da concentração de aminoácidos na composição dos ingredientes  
5 (Tabela 2). Em praticamente todos os aminoácidos analisados houve incremento na  
6 disponibilização destes nutrientes, com valores variando entre 17,6 e 134,5% de aumento. As  
7 únicas exceções foram observadas para metionina+cistina, nos farelos de girassol e canola  
8 tratados (diminuição de 15,6 e 12,0%, respectivamente). O tratamento pode possibilitar  
9 diferentes níveis de inclusão destes ingredientes em dietas para peixes, pois a concentração  
10 nutricional dos farelos aumenta. Além disso, tal fato favorece a utilização de mais de um  
11 ingrediente vegetal (ou até mesmo a combinação com ingrediente de origem animal) na  
12 formulação, de forma a equilibrar o valor biológico da proteína.

13 Os teores de ácido fítico foram os menos afetados, com reduções de 4 e 26% nos  
14 farelos de canola e girassol, respectivamente. No farelo de soja tratado, o teor deste  
15 antinutriente aumentou em 50%, provavelmente devido à perda de outras frações do  
16 ingrediente, ocasionando a concentração de ácido fítico (Mwachireya et al., 1999). Contudo, o  
17 tratamento reduziu drasticamente os teores de fenóis totais e taninos, com valores variando de  
18 84 a 95% de eficiência.

19 Compostos fenólicos e taninos podem comprometer o valor nutricional do ingrediente  
20 de duas formas: reduzindo a palatabilidade dos alimentos, o que afeta a ingestão de alimento e  
21 interferindo na digestão e absorção de nutrientes no sistema digestivo (Bonnardeaux, 2007). O  
22 efeito negativo do fitato sobre o crescimento de peixes é reportado para várias espécies, sendo  
23 as primeiras observações feitas a partir da inclusão de fitato sintético nas rações. Para truta  
24 arco-íris, 5g/kg de ácido fítico na ração compromete o crescimento (Spinelli et al., 1983  
25 citado por Francis et al., 2001). Laining et al. (2010) testaram níveis de inclusão de ácido

1 fítico (0, 5,1; 10,4; 13,5 e 20,6 g/kg) na alimentação de *Paralichthys olivaceus*. Não foram  
2 observadas diferenças no crescimento e ingestão de alimento para os peixes alimentados com  
3 até 10,4 g/kg. Porém, a partir de 13,5 g/kg o desempenho foi inferior. Segundo Usmani &  
4 Jafri (2002), para pós-larvas de *Cirrhinus mrigala*, a adição de 0,5% de ácido fítico na ração  
5 compromete o crescimento dos animais. Para carpa comum, o ácido fítico sintético  
6 adicionado na dieta (5 e 10g/kg de ração) causa redução no crescimento (Hossain & Jauncey,  
7 1993 citado por Francis et al., 2001).

8 No presente trabalho, embora a retirada de antinutrientes tenha sido realizada, os  
9 tratamentos CT e CNT não diferiram entre si em nenhum dos parâmetros de crescimento  
10 (Tabela 3). O mesmo aconteceu entre os tratamentos GT e GNT. Entretanto, foi observada  
11 diferença para o farelo de soja, onde o tratamento ST foi superior ao SNT em peso final e  
12 ganho em peso médio diário. Com o processamento dos farelos, outras frações foram  
13 alteradas. A fibra possui baixo valor nutricional para peixes (NRC, 2011), podendo ter  
14 influenciado na viscosidade do alimento no intestino, bem como na velocidade de passagem,  
15 mascarando o possível benefício da retirada de antinutrientes (Meurer et al., 2003; Lanna et  
16 al., 2004; Leenhouders et al., 2006; 2007). Tal fato pode ser explicado pelo melhor  
17 desempenho de ST e SNT, os quais possuíam níveis menores de fibra em sua composição.

18 Não foram encontradas diferenças para peso final, ganho em peso diário,  
19 sobrevivência, taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente entre os  
20 tratamentos CON, CT e ST. Embora não tenham sido encontradas diferenças significativas  
21 entre os tratamentos, destacam-se os valores de conversão alimentar aparente. Em todos os  
22 tratamentos foram observados valores inferiores a 1,0. Kaushik et al. (1995) trabalharam com  
23 substituição de farinha de peixe por subprodutos de soja com baixo teor de antinutrientes para  
24 *Oncorhynchus mykiss*. Os autores não encontraram diferença para crescimento, conversão

1 alimentar e composição corporal em níveis de substituição de 33% e 67% da farinha de peixe  
2 por concentrado proteico de soja.

3 Os peixes alimentados com a dieta ST apresentaram maior peso final e ganho em peso  
4 médio diário em comparação aos tratamentos GNT, GT, SNT e CNT, não diferindo de CON e  
5 CT (Tabela 3). O farelo de soja é considerado a melhor fonte proteica de origem vegetal  
6 devido ao alto teor proteico, bom perfil de aminoácidos e facilidade de eliminação dos  
7 principais fatores antinutricionais (Mohanta et al., 2007). Alevinos de jundiá cresceram  
8 melhor com dieta à base de levedura de cana e farelo de soja, quando comparada com farinha  
9 de carne e farelo de soja (Coldebella & Radünz Neto, 2002). Entretanto, Lazzari et al. (2006)  
10 trabalhando com fontes protéicas de origem animal e vegetal para esta espécie, verificaram  
11 menor crescimento dos peixes alimentados com dietas contendo apenas farelo de soja como  
12 fonte protéica (68,53% na dieta), em comparação àqueles em que as dietas possuíam farinha  
13 de carne ou farinha de peixe associadas ao farelo de soja.

14 Para tilápia, a inclusão de até 55% de farelo de canola em substituição à farinha de  
15 peixe não comprometeu o ganho em peso, a conversão alimentar e a taxa de eficiência  
16 proteica (Luo et al., 2012). Contudo, no presente estudo, a inclusão de 30% de farelo de  
17 canola comercial (CNT) comprometeu o desempenho em relação à dieta CON, mostrando a  
18 importância de se conhecer as respostas de diferentes espécies, mesmo que o hábito alimentar  
19 seja semelhante. O mesmo acontece com o farelo de girassol. Em substituição à farinha de  
20 peixe, pode suprir até 80% da proteína da dieta para tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*)  
21 (Maina et al., 2002). Sanz et al. (1994) trabalhando com truta arco-íris (*Oncorhynchus*  
22 *mykiss*), constataram que o farelo de girassol pode substituir 40% da proteína proveniente da  
23 farinha de peixe sem comprometer o crescimento. Contudo, segundo Mohanta et al. (2007), a  
24 inclusão de 28% de farelo de girassol (31,5%PB) resultou em pior ganho em peso, conversão  
25 alimentar e taxa de eficiência proteica de alevinos de “silver barb”, além de menor atividade

1 de protease e amilase intestinal. Nyina-Wamwiza et al. (2010) observaram que o tratamento  
2 aquoso para retirada parcial dos fatores antinutricionais permitiu a incorporação de até 25%  
3 de farelo de girassol na dieta de *Clarias gariepinus*, desde que combinada com 25% de  
4 farinha de peixe. A substituição de 30% da proteína da farinha de peixe neste experimento  
5 não proporcionou resultados positivos para o jundiá.

6 Para pós-larvas de *Cirrhinus mrigala*, a adição de 0,5% de ácido fítico afeta a  
7 composição do peixe inteiro, com menores deposições de proteína e gordura nos animais  
8 alimentados com dietas contendo ácido fítico (Usmani & Jafri, 2002). Os níveis testados  
9 foram: 0 (controle); 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5% de ácido fítico na ração. No presente estudo, foi  
10 observada diferença apenas para deposição de gordura corporal (Tabela 4), com o menor  
11 valor obtido no tratamento GNT (o qual possuía maior teor de ácido fítico - 3%), diferindo de  
12 ST. Este, por sua vez, não diferiu dos demais tratamentos.

13 A concentração de glicose no plasma foi maior nos peixes alimentados com as dietas  
14 SNT e ST, em comparação às dietas CNT e GNT, sendo que ambos não diferiram dos demais  
15 tratamentos (Tabela 5). No fígado, maior concentração de glicose foi observada no tratamento  
16 GT em comparação com CON, ST e SNT. No tratamento ST também foi observada menor  
17 concentração de aminoácidos livres no fígado, quando comparado com o tratamento GT,  
18 sendo que ambos não diferiram dos demais tratamentos.

19 A albumina plasmática foi menor no tratamento GNT em comparação com os demais,  
20 exceto com GT. Não foram detectadas diferenças entre os tratamentos para as concentrações  
21 de proteínas totais, triglicérides e colesterol total.

22 A atividade de aspartato aminotransferase (AST) no fígado foi maior nos peixes  
23 alimentados com as dietas ST e CON, em comparação com GNT (Tabela 5). Em pregado  
24 (*Psetta maxima*) o aumento da atividade de aspartato aminotransferase foi associado ao  
25 aumento da excreção de amônia nos tratamentos que continham maior proporção de farinha

1 de peixe (Fournier et al., 2004). Isto pode explicar a atividade de AST nos peixes do  
2 tratamento CON, que apresentaram maior concentração de amônia no fígado. No tratamento  
3 ST, entretanto, foi observada a menor concentração de amônia, o que contraria os resultados  
4 de Fournier et al. (2004).

5 A aspartato aminotransferase é responsável pela transaminação do aspartato, formando  
6 glutamato e oxaloacetato. No metabolismo oxidativo, o oxaloacetato se liga ao acetil-coA,  
7 formando citrato, que entra no ciclo de Krebs para geração de energia (Salway, 2009). Se os  
8 níveis de oxaloacetato não são suficientemente altos para permitir que todo o acetil-coA seja  
9 transformado em citrato, este pode acumular-se e desencadear o processo de formação de  
10 corpos cetônicos, que podem ser tóxicos ao fígado. Desta forma, o aumento da atividade de  
11 AST pode ser parte de um processo de produção de oxaloacetato para manter os níveis  
12 adequados de acetil-coA no fígado, como forma de proteção deste órgão. Ao mesmo tempo, a  
13 reação também gera mais glutamato para remoção da amônia proveniente da desaminação  
14 (Wacyk et al., 2012).

15 O acetil-coA pode ser formado a partir da conversão do piruvato (ação da piruvato  
16 desidrogenase) ou pela  $\beta$ -oxidação dos ácidos graxos (Salway, 2009). No presente estudo,  
17 como a principal fonte de energia não-proteica foi proveniente dos lipídios (Tabela 1), pode-  
18 se explicar a maior atividade de AST, em comparação à atividade de alanina aminotransferase  
19 (ALT). Alanina e aspartato são aminoácidos glicogênicos, mas alanina é quantitativamente  
20 mais importante, especialmente na gliconeogênese (Salway, 2009). A atividade de ALT não  
21 apresentou diferenciação entre os tratamentos avaliados no presente estudo (Tabela 5), sendo  
22 que alterações desta enzima estão mais relacionadas a alterações marcantes com o efeito  
23 poupador de proteína (Méton et al., 1999; Gaye-Siessegger et al., 2006; Fernández et al.,  
24 2007).

1 O aumento do índice hepato-somático pode estar relacionado ao aumento da deposição  
2 de glicogênio ou gordura no fígado (Robaina et al., 1995). No presente estudo, os peixes da  
3 dieta ST apresentaram maior índice hepato-somático (quando comparados com GT) (Tabela  
4 5). Não foi determinada a quantidade de gordura no fígado, entretanto os peixes alimentados  
5 com esta dieta também foram os que apresentaram maior taxa de deposição de gordura  
6 corporal (Tabela 4). Da mesma forma, a inclusão de farelo de soja na dieta levou ao aumento  
7 da deposição de gordura no fígado de juvenis de dourada (*Sparus aurata*), além de  
8 diminuição do glicogênio hepático (Robaina et al., 1995). Não foram observadas diferenças  
9 entre os tratamentos para as concentrações de glicogênio ou proteína no fígado.

10 Com relação à atividade enzimática, não foram observadas diferenças significativas  
11 entre os tratamentos para protease ácida, tripsina, quimiotripsina dos juvenis de jundiá  
12 (Tabela 6). Os resultados podem indicar que o tratamento térmico (tostagem) dos farelos  
13 comerciais foi eficiente na inativação dos inibidores de protease termolábeis. Embora a  
14 concentração de inibidores de protease não tenha sido determinada no presente estudo, outros  
15 autores relatam que o tratamento térmico adequado (tempo e temperatura) reduz a  
16 concentração de inibidores de protease no farelo de soja, permitindo sua inclusão em dietas  
17 para peixes (Tacon, 1997). A intensidade do efeito do farelo de soja sobre a atividade de  
18 tripsina foi dependente do tratamento térmico (aquecimento) e do nível de inclusão na dieta  
19 de *Sparus aurata* (Venou et al., 2006).

20 Poucos trabalhos têm sido conduzidos visando avaliar a tolerância de peixes a níveis  
21 crescentes de inibidores de protease, *in vitro* ou *in vivo* (Santigosa et al., 2010). Para o jundiá,  
22 ainda é desconhecida a concentração de inibidores de protease capazes de causar interferência  
23 na secreção enzimática. Lazzari et al. (2010) observaram efeito negativo da inclusão de farelo  
24 de soja na dieta sobre a atividade de enzimas digestivas de jundiás, embora estas alterações  
25 não tenham comprometido o ganho em peso. Neste trabalho, não foi determinada a

1 concentração de inibidores de protease nos ingredientes testados. Krögdahl et al. (1994)  
2 determinaram que o nível crítico de inibidores de protease na dieta de trutas arco-íris  
3 (*Oncorhynchus mykiss*) é de 0,37%. Kaushik et al. (1995) observaram que farelo de soja  
4 comercial com 3 mg/kg de inibidores de protease não compromete o desempenho desta  
5 mesma espécie. Outros trabalhos devem buscar a determinação da concentração de inibidores  
6 de protease nos farelos vegetais e identificar os níveis críticos destes fatores antinutricionais  
7 para o jundiá.

8       Como citado anteriormente, entre os vários efeitos fisiológicos atribuídos aos fatores  
9 antitripsínicos, destacam-se a complexação com a tripsina e a quimiotripsina secretadas pelo  
10 pâncreas, impedindo a ação proteolítica dessas enzimas. Como forma de compensar a inibição  
11 da ação das enzimas proteolíticas devido à sua ligação com inibidores de protease, o pâncreas  
12 secreta mais enzimas, que por sua vez, são novamente inibidas, gerando uma sobrecarga  
13 pancreática e, conseqüentemente, uma hipertrofia desse órgão, reduzindo a ação digestiva em  
14 todo alimento presente na luz intestinal e prejudicando o desempenho do organismo  
15 (Krögdahl et al., 1994; Tacon, 1997; Venou et al., 2006; Benevides et al., 2011).

16       Além dos inibidores de protease, outros fatores antinutricionais têm sido identificados  
17 como causadores de inibição da atividade enzimática em peixes, como os fitatos. Acredita-se  
18 que o fitato pode ligar-se com a tripsina, juntamente com cálcio, formando um complexo  
19 ternário e inibindo, assim, a atividade da tripsina (Selle et al., 2000). Em salmão do Atlântico  
20 (*Salmo salar*), entretanto, a inclusão de fitatos purificados na dieta não afetou a atividade de  
21 tripsina (Sajjadi & Carter, 2004). No presente estudo, não foi verificada relação entre a  
22 concentração de fitatos nos farelos e a atividade enzimática dos juvenis de jundiá.

23       Com relação à morfologia intestinal, a análise de contrastes ortogonais indicou que os  
24 peixes alimentados com os farelos não-tratados apresentaram camada muscular mais espessa  
25 do que aqueles alimentados com os farelos tratados ( $F=15,44$ ;  $P<0,0001$ ). Avaliando



1 individualmente, pode-se perceber que os peixes do tratamento SNT apresentaram maior  
2 espessura da camada muscular, seguido pelos tratamentos GNT e GT (Figura 1C). O aumento  
3 da espessura da camada muscular pode ser uma resposta à quantidade de fibra solúvel dos  
4 ingredientes, como observado por Rodrigues et al. (2012) com jundiás alimentados com  
5 diferentes fontes de fibra. Os autores relatam que o aumento na espessura da camada muscular  
6 pode caracterizar adaptação das camadas musculares para propulsar o grande maior volume  
7 de digesta viscosa ao longo do intestino.

8 Os farelos de soja, canola e girassol possuem grande concentração de polissacarídeos  
9 pécnicos, que causam aumento da viscosidade da digesta e redução da taxa de esvaziamento  
10 gástrico (Sinha et al., 2011). O aumento da espessura da camada muscular indica uma  
11 adaptação para garantir maior força para impulsão do bolo pelo trato gastrointestinal  
12 (Rodrigues et al., 2012). No presente estudo, o tratamento etanólico removeu parte da fibra  
13 solúvel dos farelos, exceto no farelo de girassol (Tabela 2). Desta forma, nos peixes  
14 alimentados com este ingrediente o efeito de redução da espessura da camada muscular foi  
15 menor.

16 Nos tratamentos à base de farelo de soja, o número de vilosidades foi menor (Figura  
17 1D), mas a área média das vilosidades foi maior (Figura 1A). O aumento do tamanho das  
18 vilosidades pode ser uma estratégia para aumentar a capacidade absorptiva. Diminuição do  
19 número e tamanho das vilosidades, espessamento da *lamina propria* das vilosidades e perda  
20 de vacuolização dos enterócitos são indicativos de lesões intestinais causadas pela inclusão de  
21 farelos vegetais em dietas para outras espécies (Krøgdahl et al., 2003; Escaffre et al., 2007;  
22 Knudsen et al., 2007). A análise de contrastes ortogonais mostrou que o número de  
23 vilosidades foi significativamente maior nos peixes alimentados com os farelos tratados, em  
24 comparação com os não-tratados ( $F=150,42$ ;  $P<0,0001$ ). Knudsen et al. (2007) sugerem que  
25 em salmão do Atlântico (*Salmo salar*), inflamação intestinal (enterite) é induzida por

1 saponinas de soja isoladas ou em combinação com as proteínas antigênicas de soja ou a  
2 microflora intestinal do intestino.

3 Células caliciformes secretam glicoproteínas e substâncias mucosas que atuam como  
4 lubrificante do trato alimentar e fornecem proteção contra danos químicos e mecânicos  
5 (Hernández et al., 2009; Mérida et al., 2010). A densidade de células caliciformes foi  
6 significativamente maior nos peixes alimentados com a dieta CT, seguida pelas dietas ST,  
7 SNT e GT que não diferiram entre si (Figura 1B).

8 Além disso, pode-se observar aumento da espessura da *lamina propria* das vilosidades  
9 nos peixes alimentados com os farelos não-tratados, especialmente as dietas CNT e GNT  
10 (Figura 2). Tal fato pode ser atribuído presença de lectinas nos farelos comerciais. As lectinas,  
11 também conhecidas como hemaglutininas, são proteínas com alta afinidade por carboidratos,  
12 produzidas pela maioria dos ingredientes vegetais, em particular legumes e cereais, em  
13 concentrações que variam de 1 a 20 g kg<sup>-1</sup>. Possuem capacidade de reconhecer e ligarem-se a  
14 receptores glicosilados do epitélio intestinal, interferindo nos processos de digestão e  
15 absorção de nutrientes (Naves et al., 2003).

16 Testando a inclusão de lectina de soja (35 g/kg) em dietas para truta arco-íris, Buttle et  
17 al. (2008), observaram que esta se liga à porção distal do intestino, causando os mesmos  
18 sintomas observados em salmão do atlântico alimentados com farelo de soja integral.  
19 Contudo, a histologia intestinal dos animais alimentados com lectina purificada, não  
20 apresentou a maioria das alterações típicas causadas por dietas à base de farelo de soja para  
21 salmonídeos. Em trabalho realizado por Iwashita et al. (2008), também com truta arco-íris, a  
22 lectina da soja não afetou a morfologia intestinal. Os autores relatam que a lectina, quando  
23 utilizada em dieta semi-purificada juntamente com saponinas e isoflavonas de soja, fitato e  
24 sacarose, apresenta aumento na produção de tecido conectivo fibroso na lâmina própria do

1 intestino distal. Quando utilizada isoladamente em dietas semi-purificadas, a lectina de soja  
2 não causa nenhuma alteração intestinal.

3

4

### Conclusões

- 5 1. Os farelos de soja e canola tratados podem substituir 30% da proteína da farinha de  
6 peixe em dietas para juvenis de jundiá;
- 7 2. O tratamento não proporciona diferença no desempenho de jundiás alimentados com  
8 farelo de canola tratado e não-tratado ou girassol tratado e não-tratado. Para farelo de  
9 soja, há melhora na qualidade nutricional após tratamento;
- 10 3. Embora ocorram alterações na bioquímica plasmática dos juvenis de jundiá, as  
11 mesmas não parecem estar ligadas aos fatores antinutricionais presentes;
- 12 4. O tratamento para remoção de antinutrientes proporciona aumento na concentração de  
13 aminoácidos dos farelos de canola, girassol e soja, potencializando o uso destes  
14 ingredientes em dietas para peixes;
- 15 5. Peixes alimentados com os farelos não-tratados apresentam camada muscular do  
16 epitélio intestinal mais espessa, menor número de vilosidades e aumento da espessura  
17 da *lamina propria*, o que sugere ainda a presença ativa de outros fatores  
18 antinutricionais, além dos teores remanescentes de ácido fítico, compostos fenólicos  
19 totais e taninos totais.

20

21

### Agradecimentos

22 Os autores agradecem ao PPGZ/UFSM e à CAPES pela bolsa de doutorado (Giovani  
23 Taffarel Bergamin), ao CNPq pela bolsas de produtividade em pesquisa (João Radünz Neto e  
24 Leila Picolli da Silva), à FAPERGS pela bolsa de iniciação científica (Luciana V. Siqueira) e  
25 ao CNPq/Ministério da Pesca e Aquicultura pelo financiamento parcial do projeto.

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24

### Referências bibliográficas

BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.73, p.679-697, 1993.

BENEVIDES, C.M.J.; SOUZA, M.V.; SOUZA, R.D.B.; LOPES, M.V. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v.18, n.2, p.67-79, 2011.

BIDINOTTO, P.M.; SOUZA, R.H.S.; MORAES, G. Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of micro samples. **Boletim Técnico do CEPTA**, n.10, p.53-60, 1997.

BONNARDEAUX, J. **Uses for canola meal**. Department of agriculture and food, Western Australia State. 15p., 2007.

BUTTLE L.G.; BURRELLS A.C.; GOOD J.E.; WILLIAMS P.D.; SOUTHGATE P.J.; BURRELLS C. The binding of soybean agglutinin (SBA) to the intestinal epithelium of Atlantic salmon, *Salmo salar* and Rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed high levels of soybean meal. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, v.80, p.237-244, 2001.

COLDEBELLA, I.; RADÜNZ NETO, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.32, n.3, p.499-503, 2002.

CUNHA, M.A.; ZEPPENFELD, C.C.; GARCIA, L.O.; LORO, V.L.; FONSECA, M.B.; EMANUELLI, T.; VEECK, A.P.L.; COPATTI, C.E.; BALDISSEROTTO, B. Anesthesia of silver catfish with eugenol: time of induction, cortisol response and sensory analysis of fillet. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p. 2107-2114, 2010.

DOMINGUEZ, H.; NÚÑEZ, M.J.; LEMA, J.M. Aqueous processing of sunflower kernels with enzymatic technology. **Food Chemistry**, v. 53, p. 427-434, 1995.

- 1 DREW, M.D.; BORGESON, T.L.; THIESSEN, D.L. A review of processing of feed  
2 ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal Feed Science and Technology**, v.  
3 138, p.118-136, 2007.
- 4 EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp.  
5 **Aquaculture**, v.179, p.149-168, 1999.
- 6 ESCAFFRE, A.-M.; KAUSHIK, S.; MAMBRINI, M. Morphometric evaluation of changes in  
7 the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) due to fish meal replacement with  
8 soy protein concentrate. **Aquaculture**, v.273, p.127–138, 2007.
- 9 FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E  
10 ALIMENTAÇÃO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. 2012. disponível em:  
11 <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s00.htm>>. Acesso em: 11 set 2012.
- 12 FERNÁNDEZ, F.; MIQUEL, A.G.; CÓRDOBA, M.; VARAS, M.; METÓN, I.; CASERAS,  
13 A.; BAANANTE, I.V. Effects of diets with distinct protein-to-carbohydrate ratios on nutrient  
14 digestibility, growth performance, body composition and liver intermediary enzyme activities  
15 in gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fingerlings. **Journal of Experimental Marine**  
16 **Biology and Ecology**, v.343, n.1, p.1–10, 2007.
- 17 FOURNIER, V.; HUELVAN, C.; DESBRUYERES, E. Incorporation of a mixture of plant  
18 feedstuffs as substitute for fish meal in diets of juvenile turbot (*Psetta maxima*).  
19 **Aquaculture**, v.236, p.451–465, 2004.
- 20 FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-  
21 derived alternate fish feed ingredients and their effect in fish. **Aquaculture**, v.199, p.197-227,  
22 2001.
- 23 GABER, M.M. The effects of plant-protein based diets Supplemented with yucca on growth,  
24 digestibility and chemical composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings.  
25 **Journal of the World Aquaculture Society**, v.37, p.74-81, 2006.

- 1 GATLIN III, D.M.; BARROWS, F.T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.G.;
- 2 HARDY, R.W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, Å.; NELSON, R.; OVERTURF, K.;
- 3 RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.;
- 4 WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review.
- 5 **Aquaculture Research**, v.38, p.551-579, 2007.
- 6 GAYE-SIESSEGGER, J.; FOCKEN, U.; BECKER, K. Effect of dietary protein/carbohydrate
- 7 ratio on activities of hepatic enzymes involved in the amino acid metabolism of Nile tilapia,
- 8 *Oreochromis niloticus* (L.). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.32, p.275–282, 2006.
- 9 GONZÁLEZ-PÉREZ, S.; VEREIJKEN, J.M. Sunflower proteins: overview of their
- 10 physicochemical, structural and functional properties. **Journal of the Science of Food and**
- 11 **Agriculture**, v.87, n.12, p.2173–2191, 2007.
- 12 HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and
- 13 supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v.41, p.770-776, 2010.
- 14 HERNÁNDEZ, D.R.; PÉREZ-GIANESELLI, M.; DOMITROVIC, H. A. Morphology,
- 15 histology and histochemistry of the digestive system of South American catfish (*Rhamdia*
- 16 *quelen*). **International Journal of Morphology**, v.27, n.1, p.105-111, 2009.
- 17 IWASHITA, Y.; YAMAMOTO, T.; FURUITA, H.; SUGITA, T.; SUZUKI N. Influence of
- 18 certain soybean antinutritional factors supplemented to a casein-based semipurified diet on
- 19 intestinal and liver morphology in fingerling rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Fisheries**
- 20 **Science**, v.74, p.1075-1082, 2008.
- 21 JOBLING, M. A short review and critic of methodology used in fish growth and nutrition
- 22 studies. **Journal of Fish Biology**, v.23, p.685-703, 1983.
- 23 KAUSHIK, S.J. ; CRAVEDI, J.P. ; LALLES, J.P. ; SUMPTER, J. FAUCONNEAU, B. ;
- 24 LAROCHE, M. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth,

- 1 protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality  
2 in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.133, p.257-274, 1995.
- 3 KNUDSEN, D.; URÁN, P.; ARNOUS, A.; KOPPE, W.; FRØKIÆR, H. Saponin-containing  
4 subfractions of soybean molasses induce enteritis in the distal intestine of Atlantic Salmon.  
5 **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.55, p.2261-2267, 2007.
- 6 KRAUGERUD, O.F; SVIHUS, B. Effects of online pretreatment of plant ingredients on  
7 processing responses and physical properties in extruded fish feed. **Animal Feed Science and**  
8 **Technology**, v.168, p.250-256, 2011.
- 9 KRÖGDAHL, Å.; BAKKE-MCKELLEP, A.M.; BAEVERFJORD, G. Effects of graded  
10 levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and  
11 pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Aquaculture Nutrition**, v.9, p.361-  
12 371, 2003.
- 13 KRÖGDAHL, Å.; LEA, T.B.; OLLI, J.J. Soybean proteinase inhibitors affect intestinal trypsin  
14 activities and amino acid digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).  
15 **Comparative Biochemistry and Physiology**, part A, v.107, n.1, p.215-219, 1994.
- 16 LAINING, A.; TRAI FALGAR, R.F.; THU, M.; KOMILUS, C.F.; KADER, M.A.; KOSHIO,  
17 S.; ISHIKAWA, M.; YOKOYAMA, S. Influence of dietary phytic acid on growth, feed  
18 intake, and nutrient utilization in juvenile japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Journal**  
19 **of the World Aquaculture Society**, v.41, p.746–755, 2010.
- 20 LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BOMFIM, M.A.D.  
21 Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*),  
22 em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2186-2192,  
23 2004.

- 1 LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; PEDRON, F.A.; COSTA, M.L.;
- 2 LOSEKANN, M.E.; CORREIA, V.; BOCHI, V.C. Diferentes fontes protéicas para a
- 3 alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.240-246, 2006.
- 4 LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; PEDRON, F.A.; LORO, V.L.; PRETTO, A.; GIODA,
- 5 C.R. Protein sources and digestive enzyme activities in jundiá (*Rhamdia quelen*). **Scientia**
- 6 **Agricola**, v.67, n.3, p.259-266, 2010.
- 7 LEENHOUWERS, J.I.; ADJEI-BOATENG, D.; VERRETH, J.; SCHRAMA, J. Digesta
- 8 viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed
- 9 diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture**
- 10 **Nutrition**, v.12, p.111–116, 2006.
- 11 LEENHOUWERS, J.I.; VELD M.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta
- 12 characteristics and performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed cereal grains that
- 13 differ in viscosity. **Aquaculture**, v.264, p.330-341, 2007.
- 14 LOWRY, O.H.; ROSEBROUGH, N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement
- 15 with Folin-phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, v.193, p.265-275, 1951.
- 16 LUO, Z.; LIU, C.-X.; WEN, H. Effect of dietary fish meal replacement by canola meal on
- 17 growth performance and hepatic intermediary metabolism of genetically improved farmed
- 18 tilapia strain of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, reared in fresh water. **Journal of the**
- 19 **World Aquaculture Society**, v.43, n.5, p.670-678, 2012.
- 20 MAINA, J.G.; BEAMES, R.M.; HIGGS, D.; MBUGUA, P.N.; IWAMA, G.; KISIA, S.M.
- 21 Digestibility and feeding value of some feed ingredients fed to tilapia *Oreochromis niloticus*
- 22 (L.). **Aquaculture Research**, v.33, p.853-862, 2002.
- 23 MÉRIDA, S.N.; TOMÁS-VIDAL, A.; MARTÍNEZ-LLORENS, S.; CERDÁ, M.J. Sunflower
- 24 meal as a partial substitute in juvenile sharpnose sea bream (*Diplodus puntazzo*) diets:
- 25 Amino acid retention, gut and liver histology. **Aquaculture**, v.298, p.275–281, 2010.



- 1 METÓN, I.; MEDIAVILLA, D.; CASERAS, A.; CANTÓ, E.; FERNÁNDEZ, F.;
- 2 BAANANTE, I.V. Effect of diet composition and ration size on key enzyme activities of
- 3 glycolysis–gluconeogenesis, the pentose phosphate pathway and amino acid metabolism in
- 4 liver of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **British Journal of Nutrition**, v.82, p.223-232,
- 5 1999.
- 6 MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo
- 7 (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.256-261, 2003.
- 8 MOHANTA, K.N.; MOHANTY, S.N.; JENA, J.; SAHU, N.P. Effect of different oil cake
- 9 sources on growth, nutrient retention and digestibility, muscle nucleic acid content, gut
- 10 enzyme activities and whole-body composition in silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings.
- 11 **Aquaculture Research**, v.38, p.1702-1713, 2007.
- 12 MWACHIREYA, S. A.; BEAMES, R. M.; HIGGS, D. A.; DOSANJH, B.S. Digestibility of
- 13 canola protein products derived from the physical, enzymatic and chemical processing of
- 14 commercial canola meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held in fresh
- 15 water. **Aquaculture**, v. 5, p. 73-82, 1999.
- 16 NAGEL, F.; SLAWSKI, H.; ADEM, H.; TRESSEL, R.P.; WYSUJACK, K.; SCHULZ, C.
- 17 Albumin and globulin rapeseed protein fractions as fish meal alternative in diets fed to
- 18 rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.). **Aquaculture**, v.354–355, p.121-127, 2012.
- 19 NAVES, L.P.; CORREA, A.D; SANTOS, C.D.; ABREU, C.M.P. Componentes
- 20 antinutricionais e digestibilidade proteica em sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*)
- 21 submetidas a diferentes processamentos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, v.30, p.180-
- 22 184, 2003.
- 23 NRC - National Research Council. **Nutrients requirements of fish and shrimp**.
- 24 Washington, D.C.: National Academy Press, 2011. 376 p.

- 1 NYINA-WAMWIZA, L.; WATHELET, B.; RICHER, J.; ROLLIN, X.; KESTEMONT, P.  
2 Partial or total replacement of fish meal by local agricultural by-products in diets of juvenile  
3 African catfish (*Clarias gariepinus*): growth performance, feed efficiency and digestibility.  
4 **Aquaculture Nutrition**, v.16, p.237-247, 2010.
- 5 PARK, J.T.; JOHNSON, M.J. Submicro determination of glucose. **Journal of Biological**  
6 **Chemistry**, n.249, p.149-151, 1949.
- 7 ROBAINA, L.; IZQUIERDO, M.S.; MOYANO, F.J.; SOCOJTO, J.; VERGARA, J.M.;  
8 MONTERO, D.; FERNANDEZ-PALACIOS, H. Soybean and lupin seed meals as protein  
9 sources in diets for gilthead seabream (*Sparus aurata*): nutritional and histological  
10 implications. **Aquaculture**, v.130, p.219-233, 1995.
- 11 RODRIGUES, A.P.O.; GOMINHO-ROSA, M.D.C.; CARGNIN-FERREIRA, E.;  
12 FRANCISCO, A.; FRACALOSSO, D.M. Different utilization of plant sources by the  
13 omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*).  
14 **Aquaculture Nutrition**, v.18, p.65-72, 2012.
- 15 SAJJADI, M.; CARTER, C.G. Effect of phytic acid and phytase on feed intake, growth,  
16 digestibility and trypsin activity in Atlantic salmon (*Salmo salar*, L.). **Aquaculture**  
17 **Nutrition**, v.10, p.135-142, 2004.
- 18 SALGADO, P.R.; DRAGO, S.R.; ORTIZ, S.E.M.; PETRUCCELLI, S.; ANDRICH, O.;  
19 GONZÁLEZ, R.J.; MAURI, A.N. Production and characterization of sunflower (*Helianthus*  
20 *annuus* L.) protein-enriched products obtained at pilot plant scale. **LWT - Food Science and**  
21 **Technology**, v.45, p.65-72, 2012.
- 22 SALWAY, J. **Metabolismo passo a passo**. 3<sup>a</sup> Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 126p.
- 23 SANTIGOSA, E.; SÁENZ DE RODRIGÁÑEZ, M.Á.; RODILES, A.; BARROSO, F.G.;  
24 ALARCÓN, F.J. Effect of diets containing a purified soybean trypsin inhibitor on growth

- 1 performance, digestive proteases and intestinal histology in juvenile sea bream (*Sparus aurata*  
2 L.). **Aquaculture Research**, v.41, p.187–198, 2010.
- 3 SANZ, A.; MORALES A. E.; HIGUERA M.; GARDENETE G. Sunflower meal compared  
4 with soybean meal as partial substitutes for fish meal in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)  
5 diets: protein and energy utilization. **Aquaculture**, v.128, p.287-300, 1994.
- 6 SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, A.; BRYDEN, W.L. Phytate and phytase:  
7 consequences for protein utilisation. **Nutrition Research Reviews**, v.13, p.255-278, 2000.
- 8 SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível.  
9 **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.843-851, 2008.
- 10 SINHA, A.K.; KUMAR, V.; MAKKAR, H.P.S.; BOECK, G.; BECKER, K. Non-starch  
11 polysaccharides and their role in fish nutrition – A review. **Food Chemistry**, v.127, p.1409–  
12 1426, 2011.
- 13 SPIES, J.R. Colorimetric procedures for amino acids. **Methods in Enzymology**, v.3, p.467-  
14 477, 1957.
- 15 USMANI, N.; JAFRI, A. K. Influence of dietary phytic acid on the growth, conversion  
16 efficiency, and carcass composition of mrigal *Cirrhinus mrigala* (Hamilton) fry. **Journal of**  
17 **the World Aquaculture Society**, v.33, p.199–204, 2002.
- 18 VENOU, B.; ALEXIS, M.N.; FOUNTOULAKI, E.; HARALABOUS, J. Effects of extrusion  
19 and inclusion level of soybean meal on diet digestibility, performance and nutrient utilization  
20 of gilthead sea bream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v.261, p.343–356, 2006.
- 21 VERDOUW, H.; VAN ECHELD, C.J.A.; DEKKERS, E.M.J. Ammonia determination  
22 based on indophenol formation with sodium salicylate. **Water Research**, v.12, n.6, p.399-  
23 402, 1978.

1 VIELMA, J.; RUOHONEN, K.; PEISKER, M. Dephytinization of two soy proteins increases  
2 phosphorus and protein utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**,  
3 v.204, p.145–156, 2002.

4 WACYK, J.; POWELL, M.; RODNICK, K.; OVERTURE, K.; HILL, R.A.; HARDY, R.  
5 Dietary protein source significantly alters growth performance, plasma variables and hepatic  
6 gene expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed amino acid balanced diets.  
7 **Aquaculture**, v.356–357, p.223–234, 2012.

8

1 **Tabela 1.** Formulação (%) e composição centesimal (%) das dietas utilizadas no experimento  
 2 de crescimento.

Ingredientes	Tratamentos <sup>1</sup>						
	CON	CNT	CT	GNT	GT	SNT	ST
Farinha de peixe <sup>2</sup>	63,20	44,24	44,24	44,24	44,24	44,24	44,24
Farelo de soja comercial	-	-	-	-	-	22,55	-
Farelo de canola comercial	-	27,97	-	-	-	-	-
Farelo de girassol comercial	-	-	-	28,83	-	-	-
Farelo de soja tratado	-	-	-	-	-	-	18,37
Farelo de canola tratado	-	-	24,41	-	-	-	-
Farelo de girassol tratado	-	-	-	-	29,42	-	-
Farelo de trigo	-	5,79	7,00	8,00	5,00	2,00	-
Milho moído (grãos)	25,55	6,50	8,60	2,33	3,74	18,81	24,89
Óleo de soja	7,00	11,00	11,50	12,00	13,00	8,00	8,00
Vitaminas e minerais <sup>3</sup>	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Sal de cozinha	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Antioxidante <sup>4</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Lisina HCL (99%)	-	0,20	-	0,20	0,15	-	-
DL-Metionina (98%)	0,25	0,30	0,25	0,40	0,45	0,40	0,50
Composição centesimal							
Proteína bruta (%) <sup>5</sup>	38,24	38,98	37,71	38,13	37,82	38,39	38,73
Energia digestível (kcal/kg) <sup>6</sup>	3095	3278	3165	3084	3205	3137	3137
Relação ED/PB	80,94	84,09	83,93	80,88	84,74	81,71	80,99
Lisina (%) <sup>7</sup>	1,95	1,96	2,18	1,93	1,94	1,93	2,29
Metionina+Cistina (%) <sup>7</sup>	1,62	1,63	1,63	1,65	1,65	1,63	1,66
Gordura (%) <sup>5</sup>	11,81	14,47	14,15	14,21	15,63	12,03	11,36
Fibra total (%) <sup>5</sup>	13,74	17,19	17,65	24,71	21,81	16,45	15,31
Carboidratos não-fibrosos (%) <sup>8</sup>	9,71	6,32	5,20	nd <sup>9</sup>	1,08	10,51	12,28
Matéria mineral (%) <sup>5</sup>	22,01	18,56	19,39	18,92	20,00	17,81	17,99

3 <sup>1</sup> Tratamentos: CON: dieta controle (à base de farinha de peixe); CNT: farelo de canola não-  
 4 tratado; CT: farelo de canola tratado; GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de  
 5 girassol tratado; SNT: farelo de soja não-tratado; ST: farelo de soja tratado.

6 <sup>2</sup> IRPEL Indústria de Resíduos de Pescado Ltda., Canoas, RS, Brasil.

7 <sup>3</sup> Composição da mistura vitamínica e mineral por kg de produto (MigFish<sup>®</sup>, RS, Brasil):  
 8 ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; antioxidante 0,60 g; biotina 125 mg;  
 9 cobalto 25 mg; cobre 2.000 mg; ferro 820 mg; iodo 100 mg; manganês 3.750 mg; niacina  
 10 5.000 mg; selênio 75 mg; vitamina A 1.000.000 UI; vitamina B1 1.250 mg; vitamina B2  
 11 2.500 mg; vitamina B6 2.485 mg; vitamina B12 3.750 µg; vitamina C 28.000 mg; vitamina  
 12 D3 500.000 UI; vitamina E 20.000 UI; vitamina K 5000 mg; zinco 17.500 mg.

13 <sup>4</sup> Butil-hidróxi-tolueno (BHT, Sigma-Aldrich).

14 <sup>5</sup> Composição analisada – ver detalhes no texto.

15 <sup>6</sup> Calculada segundo a equação: ED = [(%PB x 5,64 x 0,90) + (%Gordura x 9,51 x 0,85)  
 16 +(CNF x 4,11 x 0,50)]\*10 (Jobling, 1983).

17 <sup>7</sup> Composição calculada com base na composição analisada dos ingredientes.

18 <sup>8</sup> Calculada segundo a fórmula: CNF = %MS – (%PB + %Gordura + %FT + %MM).

19 <sup>9</sup> nd: não determinado - valores próximos a 0.

1 **Tabela 2.** Composição centesimal (%), perfil de aminoácidos (%) e teor de antinutrientes (%)  
 2 dos farelos tratados e não tratados utilizados no experimento.

Constituinte (%)	Ingredientes <sup>1</sup>					
	CNT	CT	GNT	GT	SNT	ST
Matéria seca	87,92	94,69	88,07	89,04	86,95	96,79
Proteína bruta	38,24	43,81	37,1	36,35	47,43	58,23
Matéria mineral	7,29	11,81	9,57	11,95	6,52	11,04
Gordura	3,46	1,12	1,55	0,72	3,49	2,16
Fibra total	32,57	37,72	33,26	38,36	21,64	25,62
Carboidratos não-fibrosos <sup>2</sup>	6,36	0,23	6,59	1,66	7,87	nd <sup>3</sup>
Energia digestível (kcal/kg) <sup>4</sup>	2351	2319	2144	1937	2851	3130
Lisina	1,39	3,26	1,25	1,47	2,46	4,98
Metionina+Cistina	1,39	1,77	1,09	0,92	1,16	1,02
Arginina	1,70	3,34	2,55	3,50	3,16	4,85
Histidina	0,81	1,51	0,81	1,28	1,05	1,99
Isoleucina	1,24	2,13	1,30	1,84	1,95	3,04
Leucina	2,20	3,61	2,24	2,83	3,23	4,64
Fenilalanina	1,20	2,06	1,41	2,12	2,13	3,19
Treonina	1,24	2,04	1,15	1,55	1,63	2,36
Valina	1,66	2,62	1,64	2,15	2,08	3,27
Triptofano	0,39	nd	0,46	nd	0,61	nd
Ácido fítico	1,95	1,88	3,07	2,26	1,02	1,53
Fenóis totais	1,81	0,24	3,15	0,36	0,67	0,16
Taninos totais	1,10	0,10	2,23	0,23	0,53	0,05

3 <sup>1</sup> Ingredientes analisados: CNT: farelo de canola não-tratado; CT: farelo de canola tratado;  
 4 GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT: farelo de soja não-  
 5 tratado; ST: farelo de soja tratado.

6 <sup>2</sup> Calculada segundo a fórmula: CNF = %MS - (%PB + %Gordura + %FT + %MM).

7 <sup>3</sup> nd: não determinado

8 <sup>4</sup> Calculada segundo a equação: ED = [(%PB x 5,64 x 0,90) + (%Gordura x 9,51 x 0,85)  
 9 +(CNF x 4,11 x 0,50)]\*10 (Jobling, 1983).

**Tabela 3.** Desempenho zootécnico dos juvenis de jundiá alimentados com diferentes fontes proteicas submetidas ou não a tratamento para remoção de fatores antinutricionais

Variáveis <sup>1</sup>	Tratamentos <sup>2</sup>								dpr <sup>3</sup>
	CON	CNT	CT	GNT	GT	SNT	ST		
PI (g)	2,25±0,002	2,25±0,002	2,25±0,005	2,25±0,004	2,25±0,002	2,25±0,004	2,25±0	2,25±0	0,007
PF (g)	21,66±0,60 <sup>ab</sup>	19,54±0,95 <sup>b</sup>	21,73±0,42 <sup>ab</sup>	19,06±0,58 <sup>b</sup>	20,19±0,63 <sup>b</sup>	20,43±0,50 <sup>b</sup>	23,82±0,99 <sup>a</sup>	23,82±0,99 <sup>a</sup>	1,40
GMD (g/dia)	0,46±0,01 <sup>ab</sup>	0,41±0,02 <sup>b</sup>	0,46±0,01 <sup>ab</sup>	0,40±0,01 <sup>b</sup>	0,43±0,02 <sup>b</sup>	0,43±0,01 <sup>b</sup>	0,51±0,02 <sup>a</sup>	0,51±0,02 <sup>a</sup>	0,03
SOB (%)	90,08±0,08 <sup>a</sup>	83,33±1,36 <sup>ab</sup>	85,83±1,60 <sup>ab</sup>	83,33±3,04 <sup>ab</sup>	72,50±6,44 <sup>b</sup>	89,17±2,10 <sup>a</sup>	85,00±4,81 <sup>ab</sup>	85,00±4,81 <sup>ab</sup>	6,87
TCE (%/dia)	5,38±0,07 <sup>ab</sup>	5,14±0,12 <sup>b</sup>	5,40±0,04 <sup>ab</sup>	5,09±0,07 <sup>b</sup>	5,22±0,07 <sup>b</sup>	5,25±0,06 <sup>ab</sup>	5,61±0,10 <sup>a</sup>	5,61±0,10 <sup>a</sup>	0,16
CAA	0,82±0,01	0,96±0,05	0,82±0,01	0,93±0,05	0,98±0,05	0,87±0,04	0,81±0,04	0,81±0,04	0,08

3 Valores expressos como média±erro padrão da média. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

5 <sup>1</sup> PI: peso inicial; PF: peso final; GMD: ganho em peso médio diário (GMD=(PF – PI)/d); SOB: sobrevivência; TCE: taxa de crescimento específico (TCE= [(ln PF – ln PI)/d]\*100); CAA: conversão alimentar aparente (CAA = Consumo de ração/ganho em peso total).

7 <sup>2</sup> CON: dieta controle (à base de farinha de peixe); CNT: farelo de canola não-tratado; CT: farelo de canola tratado; GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT: farelo de soja não-tratado; ST: farelo de girassol tratado.

9 <sup>3</sup> dpr: desvio padrão residual.

**Tabela 4.** Rendimento de carcaça, índices somáticos e composição corporal de jundiás alimentados com diferentes fontes proteicas submetidas ou não a tratamento para remoção de fatores antinutricionais

Variáveis <sup>1</sup>	Tratamentos <sup>2</sup>							dpr <sup>3</sup>
	CON	CNT	CT	GNT	GT	SNT	ST	
RC (%)	82,52±0,53 <sup>ab</sup>	80,73±0,83 <sup>ab</sup>	80,32±0,86 <sup>b</sup>	82,69±0,63 <sup>ab</sup>	81,24±0,31 <sup>ab</sup>	83,06±0,66 <sup>ab</sup>	83,35±0,57 <sup>a</sup>	1,83
IDS (%)	3,64±0,25	3,68±0,12	3,59±0,13	3,70±0,17	3,80±0,21	3,48±0,18	3,59±0,33	0,59
QI	1,67±0,08	1,81±0,07	1,88±0,03	1,82±0,07	1,84±0,06	1,75±0,05	1,75±0,06	0,18
IHS (%)	1,96±0,12 <sup>ab</sup>	1,64±0,05 <sup>b</sup>	1,65±0,14 <sup>b</sup>	1,70±0,07 <sup>ab</sup>	1,65±0,06 <sup>b</sup>	1,85±0,11 <sup>ab</sup>	2,08±0,08 <sup>a</sup>	0,27
IGV (%)	3,57±0,34	3,76±0,24	3,46±0,39	3,10±0,31	3,66±0,26	3,06±0,26	3,24±0,09	0,80
MS (%)	25,74±0,70	25,73±0,26	26,32±0,16	26,48±0,68	26,35±0,76	24,84±0,46	24,97±0,44	1,06
CZ (%)	2,74±0,20	2,88±0,05	2,98±0,05	2,60±0,09	2,64±0,10	2,63±0,14	2,79±0,07	0,20
PB (%)	13,27±0,42	14,61±0,41	13,58±0,46	13,87±0,40	13,72±0,42	13,10±0,57	13,43±0,35	0,84
GD (%)	9,60±0,24	8,60±0,38	8,30±0,55	8,60±0,74	9,02±0,47	8,77±0,59	9,26±0,59	1,06
CRP (%)	43,09±1,85	41,88±1,30	43,12±2,18	40,20±1,87	38,12±1,88	39,77±2,99	41,81±2,30	4,25
TDPC (mg/dia)	63,18±3,60	63,99±2,36	61,06±2,65	56,35±2,57	59,32±2,39	57,30±4,10	62,01±3,24	5,81
TDGC (mg/dia)	48,85±1,17 <sup>ab</sup>	38,47±2,64 <sup>ab</sup>	42,17±3,47 <sup>ab</sup>	37,44±3,13 <sup>b</sup>	42,05±3,51 <sup>ab</sup>	41,02±2,43 <sup>ab</sup>	50,68±1,80 <sup>a</sup>	5,33

Valores expressos como média±erro padrão da média. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> Variáveis: RC: rendimento de carcaça (peso eviscerado/peso inteiro\*100); IDS: índice digestivo-somático (peso do trato digestório/peso inteiro\*100); QI: quociente intestinal (comprimento do trato digestório/comprimento do peixe); IHS: índice hepato-somático (peso do fígado/peso inteiro\*100); IGV: índice de gordura visceral (peso da gordura visceral/peso inteiro\*100); MS: matéria seca; CZ: cinzas; PB: proteína bruta; GD: gordura; CRP: coeficiente de retenção proteica (CRP = 100\*[(Pi\*PBCi)/(ACi\*PBD)]; TDPC: taxa de deposição de proteína corporal (TDPC = [Pf \* (%PBCf/100)] - [Pi \* (%PBCi/100)]); TDGC: taxa de deposição de gordura corporal (TDGC= [Pf \* (%GCf/100)] - [Pi \* (%GCI/100)]).

<sup>2</sup> Tratamentos: CON: dieta controle (à base de farinha de peixe); CNT: farelo de canola não-tratado; CT: farelo de canola tratado; GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT: farelo de soja não-tratado; ST: farelo de girassol tratado.

<sup>3</sup> dpr: desvio padrão residual.



**Tabela 5.** Parâmetros bioquímicos do plasma de jundiás alimentados com diferentes fontes proteicas submetidas ou não a tratamento para remoção de fatores antinutricionais

Variáveis <sup>1</sup>	Tratamentos <sup>2</sup>							dpr <sup>3</sup>
	CON	CNT	CT	GNT	GT	SNT	ST	
Plasma								
GLS (mmol/L)	2,95±0,24 <sup>ab</sup>	2,22±0,19 <sup>c</sup>	2,58±0,14 <sup>abc</sup>	2,24±0,09 <sup>c</sup>	2,36±0,18 <sup>bc</sup>	3,19±0,22 <sup>a</sup>	3,20±0,33 <sup>a</sup>	0,18
PRT (g/L)	16,54±0,48	16,44±0,34	16,61±0,58	16,61±0,49	17,09±0,62	15,89±0,35	16,56±0,30	1,27
TGL (mmol/L)	10,82±1,37	11,81±1,13	10,79±1,82	12,00±1,69	14,52±1,56	8,34±0,95	11,09±1,76	4,24
COL (mmol/L)	3,86±0,32	3,74±0,29	3,80±0,16	4,72±0,33	4,50±0,28	4,01±0,20	3,82±0,21	0,74
ALB (g/L)	5,31±0,18 <sup>a</sup>	5,36±0,31 <sup>a</sup>	5,30±0,14 <sup>a</sup>	6,34±0,38 <sup>b</sup>	6,06±0,29 <sup>ab</sup>	5,30±0,25 <sup>a</sup>	5,29±0,32 <sup>a</sup>	0,02
Fígado								
AAL (mmol/g)	155,60±15,07 <sup>ab</sup>	141,64±13,80 <sup>ab</sup>	155,95±13,18 <sup>ab</sup>	137,34±8,83 <sup>ab</sup>	173,81±14,86 <sup>a</sup>	165,86±12,30 <sup>ab</sup>	119,45±11,04 <sup>b</sup>	0,10
ALT (U.I./g)	24,94±3,62	26,92±2,34	24,38±1,87	17,84±1,91	25,46±3,31	19,82±1,94	23,95±3,68	0,79
AST (U.I./g)	278,56±19,12 <sup>a</sup>	229,81±14,83 <sup>ab</sup>	241,02±16,56 <sup>ab</sup>	199,48±13,36 <sup>b</sup>	233,41±20,04 <sup>ab</sup>	228,92±19,07 <sup>ab</sup>	285,59±10,92 <sup>a</sup>	46,6
PRT (mg/g)	5,22±0,15	4,94±0,24	5,13±0,20	4,61±0,11	5,06±0,15	4,89±0,25	5,16±0,15	0,53
AMN (mmol/g)	18,60±1,31 <sup>a</sup>	15,22±0,95 <sup>ab</sup>	15,67±0,90 <sup>ab</sup>	16,22±1,28 <sup>ab</sup>	20,04±2,29 <sup>a</sup>	16,29±1,27 <sup>ab</sup>	12,73±1,49 <sup>b</sup>	0,48
GLG (mmol/g)	1,68±0,24	1,90±0,20	1,51±0,20	1,95±0,22	1,13±0,14	1,83±0,18	1,70±0,14	0,28
GLS (mmol/g)	6,31±0,30 <sup>b</sup>	8,56±0,62 <sup>ab</sup>	8,64±0,66 <sup>ab</sup>	8,62±0,61 <sup>ab</sup>	9,30±0,58 <sup>a</sup>	6,67±0,60 <sup>b</sup>	6,76±0,49 <sup>b</sup>	0,05

3 Valores expressos como média±erro padrão da média. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

4 <sup>1</sup> Variáveis: GLS: glicose; PRT: proteínas; TGL: triglicérides; COL: colesterol total; ALB: albumina; AAL: aminoácidos livres; ALT: alanina aminotransferase; AST: aspartato aminotransferase; PRT: proteínas; AMN: amônia total; GLG: glicogênio.

5 <sup>2</sup> Tratamentos: CON: dieta controle (à base de farinha de peixe); CNT: farelo de canola não-tratado; CT: farelo de canola tratado; GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT: farelo de soja não-tratado; ST: farelo de soja tratado.

6 <sup>3</sup> dpr: desvio padrão residual.

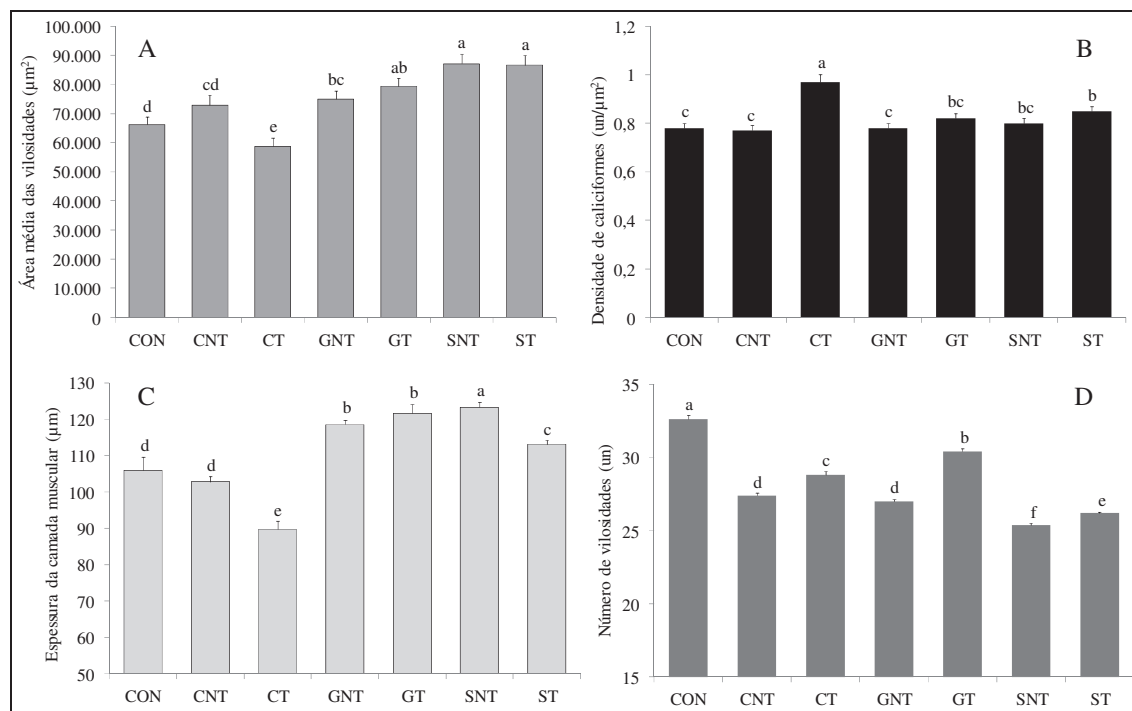
**Tabela 6.** Enzimas digestivas de jundiás alimentados com diferentes fontes proteicas submetidas ou não a tratamento para remoção de fatores antinutricionais (U enzima/minuto por mg de proteína tecidual).

Enzimas	Tratamentos <sup>1</sup>							dpr <sup>2</sup>
	CON	CNT	CT	GNT	GT	SNT	ST	
Protease ácida	86,17±6,58	85,51±6,79	99,11±6,72	82,19±4,34	98,21±4,30	97,08±3,28	93,52±4,59	14,97
Tripsina	4,92±0,19	5,18±0,22	5,29±0,22	5,46±0,29	5,17±0,17	5,35±0,29	5,55±0,23	0,65
Quimiotripsina	3,35±0,15	3,17±0,21	3,60±0,10	3,50±0,15	3,50±0,16	3,38±0,18	3,64±0,07	0,42
Amilase	0,44±0,07	0,44±0,07	0,51±0,09	0,47±0,06	0,49±0,06	0,42±0,08	0,37±0,07	0,15

<sup>3</sup> Valores expressos como média±erro padrão da média. Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha são diferentes estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

<sup>1</sup> CON: dieta controle (à base de farinha de peixe); CNT: farelo de canola não-tratado; CT: farelo de canola tratado; GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT: farelo de soja não-tratado; ST: farelo de girassol tratado.

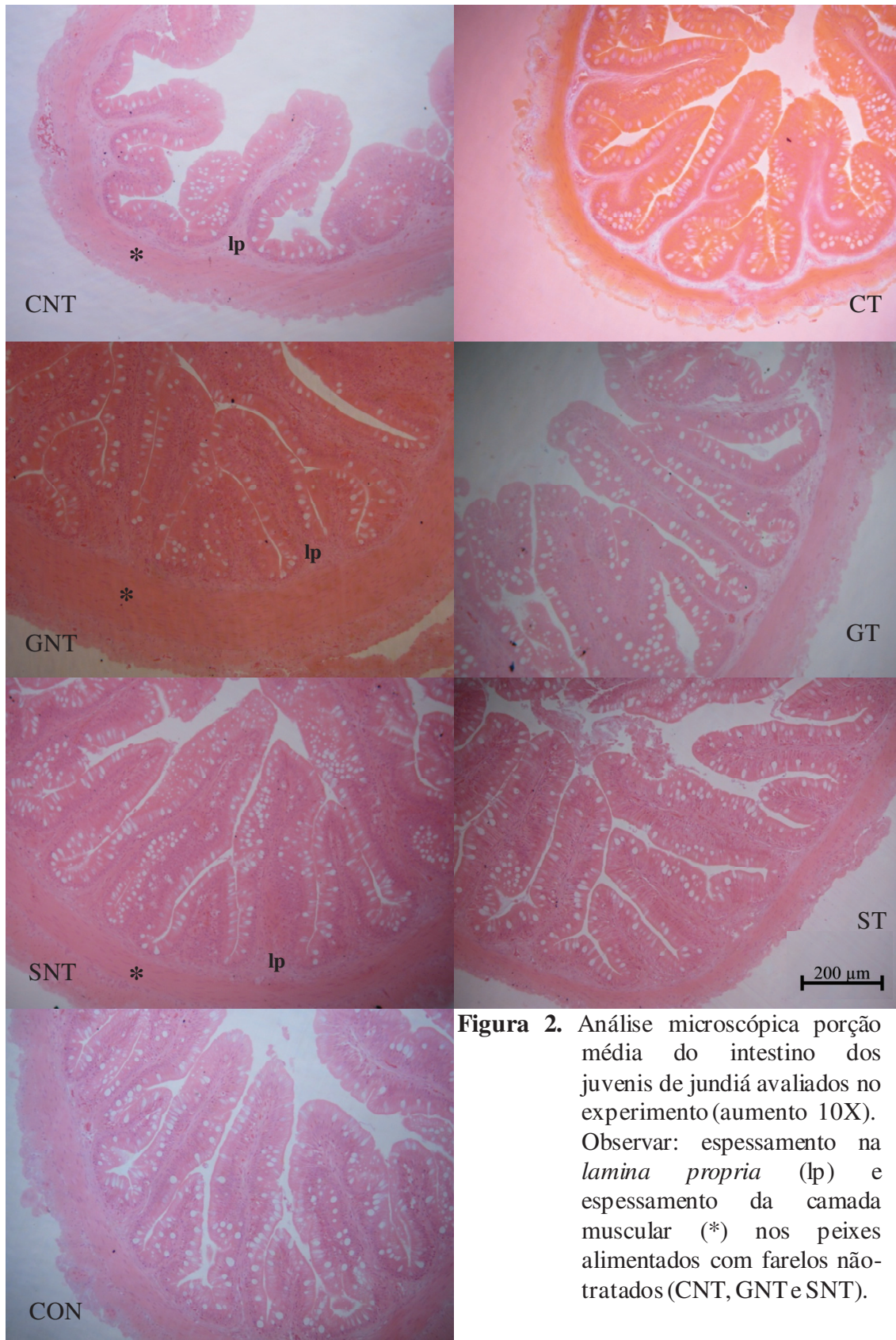
<sup>2</sup> dpr: desvio padrão residual.



**Figura 1.** Morfometria do intestino médio de jundiás alimentados com dietas contendo farelos vegetais submetidos ou não a tratamento químico. A) Área média das vilosidades ( $\mu\text{m}^2$ ). B) Densidade de células caliciformes ( $\text{un}/\mu\text{m}^2$ ). C) Espessura da camada muscular ( $\mu\text{m}$ ). D) Número de vilosidades (un). CON: controle (farinha de peixe); CNT: farelo de canola não-tratado; CT: farelo de canola tratado; GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT: farelo de soja não-tratado; ST: farelo se soja tratado. Médias seguidas de letras diferentes nas colunas de mesma cor apresentam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11

1



**Figura 2.** Análise microscópica porção média do intestino dos juvenis de jundiá avaliados no experimento (aumento 10X). Observar: espessamento na *lamina propria* (lp) e espessamento da camada muscular (\*) nos peixes alimentados com farelos não-tratados (CNT, GNT e SNT).

2

3

### ARTIGO 3

#### **Digestibilidade aparente de farelos vegetais submetidos ou não a tratamento para remoção de antinutrientes em dietas para o jundiá (*Rhamdia quelen*)**

Giovani Taffarel Bergamin<sup>(1),(2)</sup>, Cátia Aline Veiverberg<sup>(3)</sup>, Luciana Valentim Siqueira<sup>(1)</sup>,  
Daniel Prois Flores<sup>(1)</sup>, João Radünz Neto<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Departamento de Zootecnia, Laboratório de Piscicultura, Av. Roraima, 97105-900, Santa Maria, RS. E-mail: [giovanitb@gmail.com](mailto:giovanitb@gmail.com), [luciana.siqueira@zootecnista.com.br](mailto:luciana.siqueira@zootecnista.com.br), [prois89@gmail.com](mailto:prois89@gmail.com), [jradunzneto@gmail.com](mailto:jradunzneto@gmail.com)

<sup>(2)</sup> Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Pesca e Aquicultura, Palmas, TO, Brasil. E-mail: [giovani.bergamin@embrapa.br](mailto:giovani.bergamin@embrapa.br)

<sup>(3)</sup> Instituto Federal Farroupilha – Campus Júlio de Castilhos, RS 527 - Estrada de Acesso Secundário a Tupanciretã - Distrito de São João do Barro Preto, 98130-000, Júlio de Castilhos, RS. E-mail: [catiaveiver@yahoo.com.br](mailto:catiaveiver@yahoo.com.br)

Resumo - O objetivo do trabalho foi avaliar o coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) de fontes proteicas vegetais, submetidas ou não a tratamento químico para extração de fatores antinutricionais, em dietas para o jundiá. Foram avaliadas seis dietas-teste, sendo três formuladas com fontes proteicas na forma comercial (SNT – farelo de soja não tratado; CNT – farelo de canola não tratado; GNT – farelo de girassol não tratado) e três contendo farelos submetidos a tratamento para redução de ácido fítico, fenóis totais e taninos totais (ST – farelo de soja tratado; CT – farelo de canola tratado; GT – farelo de girassol tratado). Os menores CDA da matéria seca foram obtidos em CNT, CT, GNT e GT em relação a SNT e

1 ST. O CDA da proteína bruta foi maior no tratamento ST em relação a CT e CNT, não  
2 diferindo dos demais. Os tratamentos GNT, GT e CNT apresentaram os menores CDA da  
3 matéria orgânica. O tratamento para remoção de antinutrientes não afetou os CDA da proteína  
4 bruta, matéria seca e matéria orgânica dos farelos de soja e girassol. Para o farelo de canola, a  
5 remoção de fatores antinutricionais melhorou a digestibilidade da matéria seca. Deve-se levar  
6 em consideração, além da remoção de antinutrientes, a concentração e/ou remoção dos demais  
7 nutrientes da fonte quando da utilização de tratamentos químicos.

8

9 **Apparent digestibility of plant ingredients submitted to antinutrient removal by jundiá**

10 *(Rhamdia quelen)*

11

12 Abstract - We used South American catfish (*Rhamdia quelen*) juveniles to study the apparent  
13 digestibility coefficients (ADCs) of plant protein sources, submitted or not to chemical  
14 treatment to remove antinutritional factors in diets. Six test diets were evaluated. Three  
15 formulated with protein sources in commercial form (SNT - untreated soybean meal; CNT -  
16 untreated canola meal; GNT - untreated sunflower meal) and three diets containing treated  
17 meals to reduce phytic acid, total phenolic compounds and tannins (ST - treated soybean  
18 meal, CT - treated canola meal; GT - treated sunflower meal). The lowest ADC for dry matter  
19 were obtained in CNT, CT, GT and GNT, comparing to SNT and ST. The ADC for crude  
20 protein was higher in ST, compared to CT and CNT, but did not differ from the others. GNT,  
21 GT and CNT showed the lowest ADC for organic matter. The removal of antinutrients do not  
22 affect the ADC of crude protein, dry matter and organic matter in soybean and sunflower  
23 meal. For canola meal, removing antinutritional factors improve dry matter digestibility. In  
24 addition, besides the antinutrients, special care must be taken to concentration or removal of

1 other nutrients when using chemical treatments, otherwise the nutritional value of the  
2 ingredient can be affected.

3

4

### **Introdução**

5 No Brasil, entre os anos de 2007 e 2010, a atividade de aquicultura cresceu 39,7%,  
6 sendo a aquicultura continental responsável por 82,25% deste valor (MPA 2007, 2010). Com  
7 o avanço da atividade, há também o aumento da demanda por ingredientes e rações altamente  
8 digestíveis, aliando viabilidade econômica eficiência produtiva e baixo impacto ambiental  
9 (Webster & Lim, 2002).

10 A farinha de peixe é a fonte de proteína mais utilizada na formulação de rações para  
11 peixes por possuir bom perfil de aminoácidos essenciais, atendendo a exigência da maioria  
12 das espécies cultivadas. Não possui fatores antinutricionais e apresenta alta digestibilidade e  
13 palatabilidade (El-Sayed, 1999; Gatlin III et al., 2007; Kaushik & Seiliez, 2010). Porém,  
14 devido ao alto custo de aquisição de farinha de peixe de qualidade e à constante diminuição  
15 da disponibilidade deste ingrediente para a aquicultura (Teixeira et al., 2006; FAO, 2012),  
16 busca-se a substituição dessa fonte proteica por outras de menor custo e que assegurem  
17 desempenho zootécnico favorável.

18 As fontes proteicas de origem vegetal são, em geral, mais baratas e disponíveis em  
19 maior quantidade quando comparadas à farinha de peixe. No Brasil, a soja, a canola e o  
20 girassol têm sido cultivados em maior escala devido ao seu potencial para a produção de óleo  
21 comestível e combustível (Silva & Freitas, 2008), o que resulta em aumento da  
22 disponibilidade de farelos destas culturas. Entretanto, a utilização de ingredientes vegetais na  
23 alimentação de peixes é limitada pela presença de ampla variedade de substâncias  
24 antinutricionais em sua composição (Francis et al., 2001). Estas substâncias, chamadas de  
25 antinutrientes, podem agir de forma direta ou através de seus produtos metabólicos,

1 interferindo na utilização do alimento pelos animais e podendo causar problemas de saúde e  
2 diminuição no crescimento (Makkar, 1993).

3       Para que seja possível a inclusão de fontes proteicas vegetais em rações para peixes, é  
4 necessário encontrar alternativas para que o aproveitamento dos nutrientes pelos animais não  
5 seja comprometido. Uma forma de atingir maior eficiência de utilização de farelos vegetais  
6 pelos peixes é a extração e/ou inativação de compostos antinutricionais presentes nesses  
7 ingredientes, criando concentrados proteicos de alto valor nutricional. Com a possibilidade de  
8 escassez de farinha de peixe no mercado, instituições de pesquisa e iniciativa privada estão  
9 direcionando esforços para a obtenção destes concentrados. Segundo previsão da FAO  
10 (2012), a demanda de concentrados proteicos de soja, por exemplo, será de aproximadamente  
11 2,8 milhões de toneladas em 2020 para uso em aquicultura (FAO, 2012). Neste contexto,  
12 surge a necessidade de avaliação de tecnologias para o melhor aproveitamento destes  
13 alimentos para peixes.

14       A determinação da digestibilidade é importante ferramenta para a avaliação nutricional  
15 de alimentos para peixes, pois quantifica a fração do nutriente que foi absorvida, não sendo  
16 excretada nas fezes (De Silva & Anderson, 1998). A digestibilidade de um ingrediente ou de  
17 uma dieta depende de características da espécie em estudo, como hábito alimentar,  
18 bioquímica e anatomia do sistema digestivo, além de características dos ingredientes, como  
19 origem (animal ou vegetal) e processamento (Cho & Bureau, 2001; García-Carreño et al.,  
20 2002). Quanto maior o coeficiente de digestibilidade do alimento, maior será o seu  
21 aproveitamento pelos animais, resultando em melhoria nos índices produtivos. Alimentos  
22 altamente digestíveis contribuem também para a diminuição da excreção de nutrientes no  
23 ambiente de cultivo (Oliveira Filho & Fracalossi, 2006).

24       O jundiá (*Rhamdia quelen*), espécie nativa cultivada na região sul do Brasil, apresenta  
25 melhor aproveitamento de alimentos ricos em proteína quando comparados a alimentos



1 energéticos. Tal comportamento de modo similar ao que acontece em alguns peixes onívoros  
2 e principalmente nos carnívoros, o que o torna um peixe de hábito alimentar onívoro, com  
3 tendência à carnivoría (Oliveira Filho & Fracalossi, 2006). Contudo, estudos com esta espécie  
4 (Coldebella & Radünz Neto, 2002; Lazzari et al., 2008) mostram que o jundiá não depende  
5 totalmente da farinha de peixe da dieta, aceitando dietas exclusivamente vegetais ou  
6 compostas de vegetais com farinhas de origem animal.

7 O objetivo do trabalho foi determinar os coeficientes de digestibilidade aparente dos  
8 farelos de canola, girassol e soja, submetidos ou não a tratamento químico para extração de  
9 antinutrientes, em dietas para o jundiá.

10

11

### **Material e métodos**

12 O experimento foi realizado no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal  
13 de Santa Maria, no período de janeiro a abril de 2012. O tratamento para retirada dos fatores  
14 antinutricionais foi feito através da imersão e agitação dos farelos de girassol, canola e soja  
15 em solução ácida e etanol. Para o tratamento em imersão ácida, foram misturados a 4 L de  
16 água destilada em pH 1,0 + 400 g de farelo. Para ajuste do pH, foi utilizado ácido sulfúrico  
17 concentrado (98%). A mistura foi submetida a agitação por uma hora em mesa agitadora (240  
18 movimentos por minuto) em recipientes com volume de 5 L. Após agitação, a mistura foi  
19 filtrada em peneira de 100  $\mu\text{m}$ , de forma que o farelo ficasse o mais seco possível. O líquido  
20 resultante foi novamente filtrado em peneira de 25  $\mu\text{m}$ . O material recuperado na segunda  
21 peneira foi reincorporado à massa de farelo. O líquido proveniente da filtragem em peneira de  
22 menor diâmetro foi recolhido para precipitação e recuperação da proteína. Para tal, o pH do  
23 líquido foi corrigido para 9,0 (NaOH 1N), sendo logo após reduzido a 4,5 (HCl 0,325N).  
24 Após o ajuste do pH, o líquido ficou em repouso para precipitação da proteína. Descartou-se o

1 sobrenadante e a proteína solubilizada foi centrifugada a 2500 rpm por 5 minutos. Novamente  
2 o sobrenadante foi descartado, recuperando-se a fração sólida.

3 O farelo proveniente do tratamento ácido foi então submetido a tratamento com etanol  
4 comercial 96°, de forma que o farelo úmido foi novamente transferido para recipiente com 5  
5 L de volume útil, sendo adicionados 3 L de etanol. A mistura também foi submetida a  
6 agitação por uma hora. Após esta etapa, toda a mistura (farelo + etanol) teve o pH ajustado  
7 para 7,0 (NaOH 1N). O farelo, assim como no tratamento ácido, foi filtrado em peneira de  
8 100 µm e 25 µm. O líquido resultante teve o pH manipulado da mesma forma (ajuste para 9,0  
9 e posteriormente para 4,5). A precipitação e a recuperação da proteína também foram feitas da  
10 mesma forma. Após a segunda filtragem, o farelo retido nas peneiras, bem como a proteína  
11 solubilizada recuperada foram levados à estufa de circulação de ar forçada a 60°C por 24  
12 horas. A composição dos ingredientes tratados e não tratados encontra-se na tabela 1.

13 Para realizar o ensaio de digestibilidade *in vivo*, foi utilizado o sistema “Guelph”  
14 adaptado, com cinco incubadoras de fibra de vidro com capacidade de 200L cada. Na parte  
15 inferior de cada incubadora foram instalados registros de esfera adaptados para o acoplamento  
16 de tubos tipo Falcon, utilizados na coleta das fezes. Os tubos ficavam imersos em recipientes  
17 com gelo para minimizar a degradação das fezes por ação bacteriana. Para a coleta, o registro  
18 era fechado e o tubo retirado. Na porção intermediária das incubadoras foi colocada tela para  
19 evitar acesso dos peixes às fezes depositadas no fundo.

20 Cada incubadora foi povoada com 22 juvenis de jundiá. Do início ao final do período  
21 experimental, a biomassa média variou de 688,2 a 840 gramas. Para determinação da  
22 digestibilidade dos ingredientes avaliados, utilizou-se uma dieta referência à base de farinha  
23 de peixe. Foram avaliadas seis dietas-teste, sendo três delas formuladas com fontes proteicas  
24 não submetidas a tratamento (SNT – farelo de soja não tratado; CNT – farelo de canola não  
25 tratado; GNT – farelo de girassol não tratado) e as demais formuladas com farelos submetidos

1 a tratamento para redução de ácido fítico, fenóis totais e taninos totais (ST – farelo de soja  
2 tratado; CT – farelo de canola tratado; GT – farelo de girassol tratado).

3 As dietas teste consistiam de 69,94% da dieta-referência e 30% do ingrediente a ser  
4 avaliado (Tabela 2). Todas as dietas continham 0,2% de óxido de cromo III, utilizado como  
5 marcador inerte. Para a coleta de fezes de cada uma das dietas, os peixes das cinco  
6 incubadoras foram alimentados com a mesma dieta pelo período de três dias, para adaptação,  
7 iniciando-se então o período de coleta, que perdurou até a obtenção de no mínimo 30 g de  
8 fezes úmidas por incubadora.

9 As fezes foram coletadas às 08 e às 17 horas. Os peixes foram alimentados duas vezes  
10 ao dia, 30 minutos após as coletas, na proporção de 3% da biomassa. A limpeza das unidades  
11 experimentais para retirada de sobras de ração e resíduos aderidos às paredes do tanque foi  
12 feita 30 minutos após a alimentação, às 09 e às 18 horas. Após a limpeza, aguardava-se o  
13 tempo de uma hora para que as partículas em suspensão se depositassem no fundo do tanque.  
14 Assim, antes de recolocar os tubos (10 e 19 horas), descartava-se a água do fundo, o que  
15 acontecia abrindo-se o registro por aproximadamente cinco segundos. Então, os tubos de  
16 coleta eram recolocados nos tanques e acondicionados em caixas poliestireno expandido, com  
17 gelo, para minimizar a atividade microbiana. Os tubos eram centrifugados a 145 x g por cinco  
18 minutos, para precipitação das fezes. As fezes coletadas foram armazenadas úmidas em  
19 freezer (-18°C) até o momento das análises, sendo então levadas à estufa (60°C) por 24 horas  
20 para obtenção das amostras parcialmente secas, as quais foram maceradas e homogeneizadas  
21 para a realização das análises.

22 Foi quantificada a concentração de óxido de cromo III pelo método  
23 espectrofotométrico da 1,5-difenilcarbazida (Bremer Neto et al., 2005). Os teores de proteína  
24 bruta (micro-Kjeldhal) foram determinados de acordo com o método 960.52 da AOAC  
25 (1995). A matéria seca foi determinada por permanência da amostra em estufa (105°C) até

1 peso constante e a matéria mineral quantificada por queima a 550°C (método 923.03 da  
2 AOAC, 1995). Todas as determinações foram feitas nas fezes, na dieta- referência e nas  
3 dietas-teste.

4 O cálculo do coeficiente de digestibilidade aparente das dietas foi feito pela fórmula  
5 descrita por Cho & Slinger (1979):

$$6 \quad CDA (\%) = 100 - \left[ 100 \times \left( \frac{Id}{If} \times \frac{Nf}{Nd} \right) \right]$$

7 Onde:

8 CDA = coeficiente de digestibilidade aparente; Id = concentração de cromo na dieta (%); If =  
9 concentração de cromo nas fezes (%); Nd = concentração do nutriente na dieta (%); Nf =  
10 concentração do nutriente nas fezes (%).

11 Os cálculos de digestibilidade aparente dos nutrientes dos ingredientes foram feitos de  
12 acordo com a metodologia descrita por Bureau et al. (1999), segundo a fórmula:

$$13 \quad CDA_i (\%) = CDA_{dt} + \left[ (CDA_{dt} - CDA_{ref}) \times \left( \frac{r \times N_{ref}}{i \times N_i} \right) \right]$$

14 Onde:

15 CDA<sub>i</sub> = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente no ingrediente estudado; CDA<sub>dt</sub> =  
16 coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente na dieta-teste; CDA<sub>ref</sub> = coeficiente de  
17 digestibilidade aparente do nutriente na dieta-referência; r = proporção da dieta-referência na  
18 dieta-teste (0,6994); i = proporção do ingrediente-teste na dieta-teste (0,3); N<sub>ref</sub> =  
19 concentração do nutriente na dieta-referência (% na matéria úmida); N<sub>i</sub> = concentração do  
20 nutriente no ingrediente (% na matéria úmida).

21 Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca, proteína bruta e  
22 matéria orgânica dos ingredientes foram submetidos a análise de variância de uma via, com  
23 cinco repetições por tratamento (cinco incubadoras). As médias dos CDA foram comparadas  
24 pelo teste de Tukey em nível de 5% de significância (P<0,05).

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25

## **Resultados e discussão**

O tratamento para remoção de antinutrientes foi eficiente, principalmente na retirada de fenóis totais e taninos totais, nos três farelos avaliados (Tabela 1). Para fenóis totais o valor mínimo de retirada foi de 84% no farelo de soja, chegando a 88% no farelo de girassol. O teor de taninos totais diminuiu em 91% no farelo de canola, chegando a 95% no farelo de soja. O tratamento reduziu os teores de ácido fítico dos farelos de canola e girassol (4% e 26%, respectivamente). Contudo, para o farelo de soja, houve aumento de 50% na concentração deste antinutriente. Cabe ressaltar que nos três farelos tratados houve aumento na concentração de praticamente todos aminoácidos, com exceção de metionina+cistina nos farelos de girassol e soja, onde foi observado ligeiro decréscimo.

Segundo Mwachireya et al. (1999), após o tratamento (lavagem), pode haver perda de outras frações do farelo, como polissacarídeos não amiláceos, carboidratos solúveis, fibra, saponinas e algumas frações da proteína. Dessa forma, o aumento no teor de ácido fítico do farelo de soja pode ter sido ocasionado pela concentração do mesmo após a retirada dos componentes citados.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e matéria orgânica (MO) dos ingredientes estão apresentados na Tabela 3. O CDA da matéria seca permite estimar a quantidade de resíduos excretados que são liberados no ambiente, podendo ser utilizado como uma das ferramentas pra medir o impacto ambiental em aquicultura (Guimarães et al., 2012). Os valores menores de CDA da matéria seca de CNT, CT, GNT e GT em relação a SNT e ST podem ser explicados pela maior quantidade de fibra na composição daqueles ingredientes. Peixes não secretam celulase, portanto a digestão da fração fibrosa não tem função importante na obtenção de nutrientes (NRC, 2011). Além disso, a fibra influencia na motilidade do alimento no trato digestório, altera a velocidade de trânsito

1 do alimento, reduz a digestibilidade dos nutrientes, aumenta a viscosidade da digesta e,  
2 consequentemente, reduz o desempenho dos animais (Meurer et al., 2003; Lanna et al., 2004;  
3 Leenhouders et al., 2006; 2007). O aumento da viscosidade intestinal diminui o contato entre  
4 as enzimas digestivas e o substrato, aumenta as perdas endógenas de nutrientes e diminui a  
5 capacidade de absorção da mucosa, provocando menor eficiência na digestão e absorção de  
6 nutrientes (Meurer & Hayashi, 2003; Fabregat, 2009). Pedron et al. (2008), trabalhando com  
7 fontes e níveis de fibra na alimentação de jundiá, relatam que dietas com 10% de fibra bruta  
8 prejudicam a digestibilidade da proteína para a espécie. Tal resultado vai de encontro com os  
9 do presente estudo, onde os CDA da matéria seca e matéria orgânica foram inferiores nos  
10 ingredientes com maior teor de fibra.

11 Para o CDA da proteína bruta, o tratamento ST foi superior a CT e CNT, não diferindo  
12 dos demais. Além dos teores de fibra, superiores nos tratamentos CT e CNT, pode ter  
13 ocorrido influência da maior presença de ácido fítico, fenóis totais e taninos nestes farelos.

14 O ácido fítico é a forma orgânica de armazenamento de fósforo nas plantas, incluindo  
15 os farelos de oleaginosas utilizados na alimentação de peixes, sendo indisponível para  
16 monogástricos. É considerado antinutriente pelo fato de se ligar diretamente ou indiretamente  
17 com minerais (Ali et al., 2010). Além disso, reduz a digestibilidade de proteínas, carboidratos  
18 e lipídios pela formação de complexos com proteína e aminoácidos e por inibir a atividade de  
19 enzimas digestivas (Araújo, 2008; Lelis et al., 2010).

20 Os fenóis totais, por sua vez, são formados na sua maior parte por taninos. Os taninos  
21 são compostos fenólicos de alto peso molecular, classificados quanto à sua estrutura como  
22 hidrolisáveis, os quais liberam ácidos fenólicos por hidrólise ácida, e não hidrolisáveis ou  
23 condensados, que estão presentes em maior quantidade nos alimentos (Serrano et al., 2009).  
24 Os taninos condensados estão presentes na fração fibra alimentar de diferentes alimentos e  
25 podem ser considerados indigeríveis ou pobremente digeríveis, além de causar efeitos

1 adversos na cor, sabor e qualidade nutricional de alimentos (Silva & Silva, 1999). A grande  
2 tendência dos taninos para formar complexos com proteínas pode explicar a baixa  
3 digestibilidade das proteínas de leguminosas, inibição do crescimento e aumento da excreção  
4 de nitrogênio fecal em peixes (Bell, 1993; Francis et al., 2001).

5 Os tratamentos GNT, GT e CNT apresentaram os menores valores de digestibilidade  
6 para a matéria orgânica. Não houve diferença significativa para a digestibilidade da proteína  
7 bruta destes ingredientes, quando comparados aos tratamentos de melhor resultado para esse  
8 nutriente (ST e SNT). Provavelmente, o tratamento para extração de fatores antinutricionais  
9 atuou positivamente sobre a fração proteína bruta do ingrediente, porém a alta concentração  
10 de fibra pode ter diminuído o coeficiente de digestibilidade das demais frações. Ainda, os  
11 tratamentos GT e GNT mostram que, mesmo com alto CDA da proteína, um ingrediente pode  
12 ter seu uso limitado pelo baixo aproveitamento de outras frações, o que pode ser observado  
13 pelos CDA de matéria seca e matéria orgânica destes ingredientes.

14 O tratamento CT apresentou CDA da matéria seca superior ao tratamento CNT, não  
15 havendo diferença para proteína e matéria orgânica. O tratamento para inativação de  
16 antinutrientes teve influência sobre a digestibilidade deste ingrediente, porém atuando em  
17 outras frações do alimento, uma vez que não foi observado o mesmo comportamento no CDA  
18 da proteína bruta. A composição do farelo de canola mudou após o tratamento. O teor de  
19 carboidratos não-fibrosos diminuiu de 6,36% para 0,23%. Estes compostos incluem amido,  
20 oligossacarídeos, frutanas, pectinas, galactanos e  $\beta$ -glucanos (Morgado et al., 2009), que  
21 podem dificultar o aproveitamento do alimento pelo aumento da velocidade de passagem do  
22 alimento e viscosidade intestinal, dificultando a ação de enzimas e a absorção de nutrientes.  
23 Tal fato pode ter contribuído para o melhor aproveitamento de outras frações do ingrediente,  
24 como gordura e minerais.

1 Estudos a respeito do valor nutricional de fontes proteicas de origem vegetal  
2 submetidas a tratamentos têm consistentemente mostrado melhorias na digestibilidade e  
3 crescimento para peixes, em comparação a fontes não tratadas (Drew et al., 2007). Contudo,  
4 as dietas ST e SNT não diferiram entre si em nenhuma das frações avaliadas, demonstrando  
5 que o tratamento para inativação de antinutrientes, não influenciou a digestibilidade do farelo  
6 de soja. O mesmo aconteceu para GT e GNT. Estes resultados vão de encontro aos  
7 apresentados por Stech et al. (2010), que não encontraram diferença significativa entre os  
8 coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta da soja tostada e do farelo de soja  
9 para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Resultados semelhantes foram encontrados  
10 por Furuya et al. (2004), que testaram a inclusão de silagem de sorgo com alto e baixo teor de  
11 tanino para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), não encontrando diferença na  
12 digestibilidade da energia e proteína destes ingredientes. Pinto et al., (2004) também  
13 trabalhando com tilápia, verificaram que dietas com teores de até 0,46% de taninos não  
14 afetaram a digestibilidade da matéria seca e proteína. Contudo, Gonçalves & Carneiro (2003),  
15 trabalhando com alevinos de pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*), observaram diferença  
16 significativa ao comparar a digestibilidade da proteína bruta do farelo de soja, soja processada  
17 (tostagem) e soja crua. Os autores atribuem a melhora na eficiência à destruição dos fatores  
18 antinutricionais presentes nesse ingrediente em virtude do processamento. Refstie et al.  
19 (1998) avaliaram a inclusão de farelo de soja comercial e farelo de soja com reduzido teor de  
20 fatores antinutricionais e observaram diferenças nos coeficientes de digestibilidade aparente  
21 da proteína e da matéria seca por juvenis de salmão do Atlântico (*Salmo salar*).

22 No presente estudo, de maneira geral, o farelo de soja apresentou os melhores valores  
23 de digestibilidade confirmando o fato de ser considerado a melhor fonte proteica de origem  
24 vegetal, devido ao alto teor proteico, bom perfil de aminoácidos e facilidade de eliminação  
25 dos principais fatores antinutricionais (Mohanta et al., 2007).



1 Os CDA obtidos para os farelos não tratados foram semelhantes ao encontrados por  
2 outros autores (Kaushik et al., 1995; Maina et al., 2002; Pezzato et al., 2002; Oliveira Filho &  
3 Fracalossi, 2006; Kitagima & Fracalossi, 2011; Veiverberg, 2011; Guimarães et al., 2012). A  
4 única exceção foi observada no CDA da matéria seca do SNT (81,32%), o qual se mostrou  
5 superior aos encontrados pelos autores acima citados, que obtiveram valores variando de  
6 51,88 a 74,6%, para *Rhamdia quelen*, *Ictalurus punctatus*, *Oreochromis niloticus* e  
7 *Oncorhynchus mykiss*.

8 Não há unanimidade de opiniões entre diferentes estudos a respeito do efeito  
9 específico de cada antinutriente, visto que a maior parte dos trabalhos tem sido conduzidos  
10 utilizando-se um ingrediente rico em determinado fator antinutricional. Os resultados são  
11 atribuídos a este fator, muitas vezes sem considerar outros compostos presentes no  
12 ingrediente e a interação entre eles (Francis et al., 2001). Os dados do presente trabalho  
13 sugerem que os teores de antinutrientes dentro de cada grupo de farelos não foram suficientes  
14 para afetar a digestibilidade das frações analisadas. Contudo, a não ocorrência de alterações  
15 pode estar ligada a outros fatores, como presença de fibra, interação entre componentes da  
16 dieta e presença de fatores antinutricionais remanescentes. Assim, mais estudos são  
17 necessários para avaliar o real efeito de cada antinutriente sobre o aproveitamento de  
18 ingredientes vegetais pelo jundiá.

19

20

### Conclusões

- 21 1. O tratamento para remoção de antinutrientes não afeta os coeficientes de digestibilidade da  
22 proteína bruta, matéria seca e matéria orgânica dos farelos de soja e girassol;
- 23 2. Para o farelo de canola, a remoção de fatores antinutricionais melhora a digestibilidade da  
24 matéria seca;

1 3. A avaliação de tratamentos para retirada de fatores antinutricionais deve levar em  
2 consideração, além da remoção de antinutrientes, a concentração e/ou remoção dos demais  
3 nutrientes durante o processo e sua relação com a qualidade nutricional do ingrediente.

#### 5 **Agradecimentos**

6 Os autores agradecem ao PPGZ/UFSM e à CAPES pela bolsa de doutorado (Giovani  
7 Taffarel Bergamin), ao CNPq pela bolsa de produtividade em pesquisa (João Radünz Neto e  
8 Leila Picolli da Silva), à FAPERGS pelas bolsas de iniciação científica (Luciana V. Siqueira)  
9 e ao CNPq/Ministério da Pesca e Aquicultura pelo financiamento parcial do projeto.

#### 11 **Referências bibliográficas**

12 ALI, M.; SHUJA, M.N.; ZAHOOR, M.; QADRI, I. Phytic acid: How far have we come?  
13 **African Journal of Biotechnology**, v.9, n.11, p.1551-1554, 2010.

14 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis of the**  
15 **AOAC International**. 16th ed. Supplement 1998. Washington: AOAC, 1995. 1018p.

16 ARAÚJO, J.M.A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 4. Ed. Viçosa, MG: Ed. UFV,  
17 2008. 596p.

18 BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. **Canadian**  
19 **Journal of Animal Science**, v.73, p.679-697, 1993.

20 BREMER NETO, H.; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E. Determinação de rotina do cromo  
21 em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-  
22 difenilcarbazida. **Ciência Rural** v.35, n.3, p. 691-697, 2005.

23 BUREAU, D.P.; HARRIS, A.M.; CHO, C.Y. Apparent digestibility of rendered animal  
24 protein ingredients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.180, p.345–  
25 358, 1999.

- 1 CHO, C.Y.; SLINGER, S.J. Apparent digestibility measurement in feedstuffs for rainbow  
2 trout. In: *Finfish Nutrition and Fish Feed Technology*, 1979, Berlim. **Anais...** Berlim: 1979.  
3 v.2, p.239-247.
- 4 CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. A review of diet formulation strategies and feeding systems to  
5 reduce excretory and feed wastes in aquaculture. **Aquaculture**, v.32, p.349-360, 2001.
- 6 COLDEBELLA, I.; RADÜNZ NETO, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá  
7 (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.32, n.3, p.499-503, 2002.
- 8 DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. **Fish nutrition in aquaculture**. London: Chapman &  
9 Hall, 1998, 319p.
- 10 DREW, M.D.; BORGESON, T.L.; THIESSEN, D.L. A review of processing of feed  
11 ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal feed science and technology**,  
12 v.138, p.118-136, 2007.
- 13 EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp.  
14 **Aquaculture**, v.179, p.149-168, 1999.
- 15 FABREGAT, T.E.H.P. **Fontes de fibra na alimentação de juvenis de pacu *Piaractus***  
16 ***mesopotamicus***. 2009. 60f. Tese (Doutorado em Aqüicultura) - Universidade Estadual  
17 Paulista, Jaboticabal, SP, 2009.
- 18 FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E  
19 ALIMENTAÇÃO. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura**. 2012. disponível em:  
20 <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s00.htm>. Acesso em: 11 set 2012.
- 21 FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-  
22 derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v.199, p.197-  
23 227, 2001.
- 24 FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; NEVES, P.R.; BOTARO, B.; HAYASHI, C.; FURLAN,  
25 A.C.; SANTOS, V.G. Coeficientes de digestibilidade aparente da energia e proteína da

- 1 silagem de sorgo com alto e baixo tanino pela tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Ciência**  
2 **Rural**, v.34, n.4, p.1213-1217, 2004.
- 3 GARCÍA-CARREÑO, F.L.; ALBUQUERQUE-CAVALCANTI, C.; del TORO, M.A.N.;  
4 ZANIBONI-FILHO, E. Digestive proteinases of *Brycon orbignyanus* (Characidae, Teleostei):  
5 characteristics and effects of protein quality. **Comparative Biochemistry and Physiology**  
6 **Part B**, v.132, p.343-352, 2002.
- 7 GATLIN III, D.M.; BARROWS, F.T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.G.;  
8 HARDY, R.W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, Å.; NELSON, R.; OVERTURF, K.;  
9 RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.;  
10 WURTELE, E. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review.  
11 **Aquaculture Research**, v.38, p.551-579, 2007.
- 12 GONÇALVES, E.G.; CARNEIRO, D.J. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e  
13 energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma*  
14 *coruscans*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.779-786, 2003.
- 15 GUIMARÃES, I.G.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FERNANDES, R.N. Apparent  
16 nutrient digestibility and mineral availability of protein-rich ingredients in extruded diets for  
17 Nile tilapia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.8, p.1801-1808, 2012.
- 18 JOBLING, M. A short review and critic of methodology used in fish growth and nutrition  
19 studies. **Journal of Fish Biology**, v.23, p.685-703, 1983.
- 20 KAUSHIK, S.J.; CRAVEDI, J.P.; LALLES, J.P.; SUMPTER, J. FAUCONNEAU, B.;  
21 LAROCHE, M. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth,  
22 protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality  
23 in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.133, p.257-274, 1995.
- 24 KAUSHIK, S.J.; SEILIEZ, I. Protein and amino acid nutrition and metabolism in fish: current  
25 knowledge and future needs. **Aquaculture Research**, v.41, p.322-332, 2010.

- 1 KITAGIMA, R.E.; FRACALOSSO, D.M. Digestibility of alternative protein-rich feedstuffs  
2 for channel catfish, *Ictalurus punctatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.42,  
3 n.3, p.306-312, 2011.
- 4 LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BOMFIM, M.A.D.  
5 Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*),  
6 em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2186-2192,  
7 2004.
- 8 LAZZARI, R.; RADÜNZ NETO, J.; PEDRON, F.A.; VEIVERBERG, C.A.; BERGAMIN,  
9 G.T.; LIMA, R.L.; EMANUELLI, T.; STEFFENS, C. Desempenho e composição dos filés de  
10 jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos a diferentes dietas na fase de recria. **Arquivo**  
11 **Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.477-484, 2008.
- 12 LEENHOUWERS, J.; ADJEI-BOATENG, D.; VERRETH, J.; SCHRAMA, J. Digesta  
13 viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed  
14 diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. **Aquaculture**  
15 **Nutrition**, v.12, p.111–116, 2006.
- 16 LEENHOUWERS, J.I.; VELD M.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta  
17 characteristics and performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed cereal grains that  
18 differ in viscosity. **Aquaculture**, v.264, p.330-341, 2007.
- 19 LELIS, G.R.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, C.R.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.;  
20 BORSATTO, C.G. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de  
21 frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1768-1773, 2010.
- 22 MAINA, J.G.; BEAMES, R.M.; HIGGS, D.; MBUGUA, P.N.; IWAMA, G.; KISIA,  
23 S.M. Digestibility and feeding value of some feed ingredients fed to tilapia *Oreochromis*  
24 *niloticus* (L.). **Aquaculture Research**, v.33, p.853-862, 2002.

- 1 MAKKAR, H.P.S. Antinutritional factors in foods for livestock. In: Gill, M.; Owen, E.;  
2 Pollot, G.E.; Lawrence, T.L.J. (Eds.). **Animal Production in Developing Countries.**  
3 Occasional Publication, New York, p: 69-85., 1993.
- 4 MEURER, F.; HAYASHI, C. Polissacarídeos não amiláceos na nutrição de peixes – revisão.  
5 **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v.6, n.2, p.127-138, 2003.
- 6 MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo  
7 (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.256-261, 2003.
- 8 MOHANTA, K.N.; MOHANTY, S.N.; JENA, J.; SAHU, N.P. Effect of different oil cake  
9 sources on growth, nutrient retention and digestibility, muscle nucleic acid content, gut  
10 enzyme activities and whole-body composition in silver barb, *Puntius gonionotus* fingerlings.  
11 **Aquaculture Research**, v.38, p.1702-1713, 2007.
- 12 MORGADO, E.S.; ALMEIDA, F.Q.; SILVA, V.P.; GOMES, A.V.C.; GALZERANO, L.;  
13 VENTURA, H.T.; RODRIGUES, L.M. Digestão dos carboidratos de alimentos volumosos  
14 em equinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38 n.1, p.75-81, 2009.
- 15 MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e**  
16 **aquicultura.** 2010. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>>. Acesso em: 03 set 2012.
- 18 MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Estatística da pesca 2007 - Brasil.**  
19 2007. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>>. Acesso em: 03 set 2012.
- 21 MWACHIREYA, S. A.; BEAMES, R. M.; HIGGS, D. A.; DOSANJH, B. S. Digestibility of  
22 canola protein products derived from the physical, enzymatic and chemical processing of  
23 commercial canola meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum) held in fresh  
24 water. **Aquaculture**, v. 5, p. 73-82, 1999.

- 1 NRC - National Research Council. **Nutrients requirements of fish and shrimp.**  
2 Washington, D.C.: National Academy Press, 2011. 376 p.
- 3 OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, D.M. Coeficiente de digestibilidade aparente de  
4 ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.4, p. 1581-  
5 1587, 2006.
- 6 PEDRON, F.A.; RADÜNZ NETO, J.; EMANUELLI, T.; SILVA, L.P.; LAZZARI, R.;  
7 CORRÊIA, V.; BERGAMIN, G.T.; VEIVERBERG, C.A. Cultivo de jundiás alimentados  
8 com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1,  
9 p.93-98, 2008.
- 10 PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M. Digestibilidade aparente de  
11 ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**,  
12 v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- 13 PINTO, L.; PEZZATO, L.; MIRANDA, E.; BARROS, M.; FURUYA, W. Efeito do tanino na  
14 digestibilidade dos nutrientes da ração pela tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*. **Acta**  
15 **Scientiarum. Animal Sciences**, v.26, n.2, p.181-186, 2004.
- 16 REFSTIE, S.; STOREBAKKEN T.; ROEM, A.J. Feed consumption and conversion in  
17 Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with fish meal, extracted soybean meal or soybean  
18 meal with reduced content of oligosaccharides, trypsin inhibitors, lectins and soya antigens.  
19 **Aquaculture**, v.162, p.301–312, 1998.
- 20 SERRANO, J.; PUUPPONEN-PIMIÄ, R.; DAUER, A.; AURA, A.M.; SAURA-CALIXTO,  
21 F. Tannins: Current knowledge of food sources, intake, bioavailability and biological effects.  
22 **Molecular Nutrition and Food Research**, v.53, p.S310-S329, 2009.
- 23 SILVA, M.R.; SILVA, M.A.A.P. Aspectos nutricionais de fitatos e taninos. **Revista de**  
24 **Nutrição**, v.12, n.1, p.5-19, 1999.

- 1 SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível.  
2 **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.843-851, 2008.
- 3 STECH, M. R.; CARNEIRO, D.J.; CARVALHO, M.R.B. Fatores antinutricionais e  
4 coeficiente de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus*  
5 *mesopotamicus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences** v.32, n.3, p.255-262, 2010.
- 6 TEIXEIRA E.A.; CREPALDI, D.V.; FARIA, P.M.C.; RIBEIRO, L.P.; MELO, D.C.;  
7 EULER, A.C.C.; SALIBA, O.S. Substituição da farinha de peixe em rações para peixes.  
8 **Revista Brasileira de Reprodução Animal** v.30, n.3/4, p. 118-125, 2006.
- 9 VEIVERBERG, C.A. **Alimentos convencionais e não-convencionais na engorda e**  
10 **qualidade de pescado do jundiá** (*Rhamdia quelen*). 2011. 90f. Tese (Doutorado em  
11 Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, RS, 2011.
- 12 WEBSTER, C.D.; LIM, C.E. **Nutrient requirements and feeding of finfish for**  
13 **aquaculture**. CAB International, 2002, 418 p.
- 14



1 **Tabela 1.** Composição dos farelos tratados e não tratados testados no experimento

Constituinte (%)	Ingredientes <sup>1</sup>					
	CNT	CT	GNT	GT	SNT	ST
Matéria seca	87,92	94,69	88,07	89,04	86,95	96,79
Proteína bruta	38,24	43,81	37,1	36,35	47,43	58,23
Matéria mineral	7,29	11,81	9,57	11,95	6,52	11,04
Gordura	3,46	1,12	1,55	0,72	3,49	2,16
Fibra total	32,57	37,72	33,26	38,36	21,64	25,62
Carboidratos não-fibrosos <sup>2</sup>	6,36	0,23	6,59	1,66	7,87	nd <sup>3</sup>
Energia digestível (kcal/kg) <sup>4</sup>	2351	2319	2144	1937	2851	3130
Lisina	1,39	3,26	1,25	1,47	2,46	4,98
Metionina+Cistina	1,39	1,77	1,09	0,92	1,16	1,02
Arginina	1,70	3,34	2,55	3,50	3,16	4,85
Histidina	0,81	1,51	0,81	1,28	1,05	1,99
Isoleucina	1,24	2,13	1,30	1,84	1,95	3,04
Leucina	2,20	3,61	2,24	2,83	3,23	4,64
Fenilalanina	1,20	2,06	1,41	2,12	2,13	3,19
Treonina	1,24	2,04	1,15	1,55	1,63	2,36
Valina	1,66	2,62	1,64	2,15	2,08	3,27
Triptofano	0,39	nd	0,46	nd	0,61	nd
Ácido fítico	1,95	1,88	3,07	2,26	1,02	1,53
Fenóis totais	1,81	0,24	3,15	0,36	0,67	0,16
Taninos totais	1,10	0,10	2,23	0,23	0,53	0,05

2 <sup>1</sup> Ingredientes analisados: CNT: farelo de canola não-tratado; CT: farelo de canola tratado;  
3 GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT: farelo de soja não-  
4 tratado; ST: farelo de soja tratado.

5 <sup>2</sup> Calculada segundo a fórmula: CNF = %MS – (%PB + %Gordura + %FT + %MM).

6 <sup>3</sup> nd: não determinado

7 <sup>4</sup> Calculada segundo a equação: ED = [(%PB x 5,64 x 0,90) + (%Gordura x 9,51 x 0,85)  
8 +(CNF x 4,11 x 0,50)]\*10 (Jobling, 1983).

9

1 **Tabela 2.** Formulação e composição centesimal das dietas utilizadas no experimento de  
 2 digestibilidade

Ingredientes	Dietas experimentais <sup>1</sup>						
	REF	SNT	ST	CNT	CT	GNT	GT
Porcentagem da dieta teste	-	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94	69,94
Farelo de soja não tratado	-	30,00	-	-	-	-	-
Farelo de soja tratado	-	-	30,00	-	-	-	-
Farelo de canola não tratado	-	-	-	30,00	-	-	-
Farelo de canola tratado	-	-	-	-	30,00	-	-
Farelo de girassol não tratado	-	-	-	-	-	30,00	-
Farelo de girassol tratado	-	-	-	-	-	-	30,00
Farinha de peixe	50,00	34,97	34,97	34,97	34,97	34,97	34,97
Farelo de trigo	8,50	5,94	5,94	5,94	5,94	5,94	5,94
Milho moído (grãos)	30,00	20,98	20,98	20,98	20,98	20,98	20,98
Óleo de soja	7,00	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90	4,90
Sal de cozinha (cloreto de sódio)	1,00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
Vitaminas e minerais <sup>2</sup>	3,00	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10
Óxido de cromo III (Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Lisina HCL (99%)	0,30	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
<b>Composição centesimal</b>							
Proteína bruta (%) <sup>3</sup>	31,81	36,48	39,72	33,72	35,39	33,38	33,15
Gordura (%) <sup>3</sup>	12,12	9,53	9,13	9,52	8,82	8,94	8,70
Matéria mineral (%) <sup>3</sup>	14,95	12,41	12,64	12,64	14,00	13,33	14,04
Fibra alimentar total (%) <sup>3</sup>	7,48	11,73	15,21	15,01	16,55	15,21	16,74
Carboidratos não-fibrosos (%) <sup>4</sup>	21,30	17,26	15,40	16,81	14,97	16,87	15,40
Energia digestível (kcal/kg) <sup>5</sup>	3032	2976	3070	2826	2817	2764	2702

3 <sup>1</sup> Dietas experimentais: REF: dieta-referência; CNT: farelo de canola não-tratado; CT: farelo  
 4 de canola tratado; GNT: farelo de girassol não-tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT:  
 5 farelo de soja não-tratado; ST: farelo de soja tratado.

6 <sup>2</sup> Composição da mistura vitamínica e mineral por kg de produto (MigFish<sup>®</sup>, RS, Brasil):  
 7 ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; antioxidante 0,60 g; biotina 125 mg;  
 8 cobalto 25 mg; cobre 2.000 mg; ferro 820 mg; iodo 100 mg; manganês 3.750 mg; niacina  
 9 5.000 mg; selênio 75 mg; vitamina A 1.000.000 UI; vitamina B1 1.250 mg; vitamina B2  
 10 2.500 mg; vitamina B6 2.485 mg; vitamina B12 3.750 µg; vitamina C 28.000 mg; vitamina  
 11 D3 500.000 UI; vitamina E 20.000 UI; vitamina K 5000 mg; zinco 17.500 mg.

12 <sup>3</sup> Composição analisada.

13 <sup>4</sup> Calculada segundo a fórmula: CNF = %MS - (%PB + %Gordura + %FT + %MM).

14 <sup>5</sup> Calculada segundo a equação: ED = [(%PB x 5,64 x 0,90) + (%Gordura x 9,51 x 0,85)  
 15 +(CNF x 4,11 x 0,50)]\*10 (Jobling, 1983).

16

1 **Tabela 3.** Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA %) da matéria seca (MS), proteína  
 2 bruta (PB) e matéria orgânica (MO) dos ingredientes avaliados no experimento

Ingredientes <sup>1</sup>	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)		
	Matéria seca	Proteína bruta	Matéria orgânica
CNT	54,34±2,57 <sup>d</sup>	82,46±1,34 <sup>b</sup>	58,79±1,39 <sup>bc</sup>
CT	72,81±3,93 <sup>bc</sup>	83,11±3,46 <sup>b</sup>	65,62±3,89 <sup>b</sup>
GNT	60,90±1,96 <sup>cd</sup>	88,67±1,39 <sup>ab</sup>	57,08±1,85 <sup>bc</sup>
GT	62,97±3,87 <sup>cd</sup>	88,15±1,11 <sup>ab</sup>	53,42±3,51 <sup>c</sup>
SNT	81,32±2,43 <sup>ab</sup>	89,62±1,29 <sup>ab</sup>	79,40±1,79 <sup>a</sup>
ST	87,67±0,69 <sup>a</sup>	94,44±0,35 <sup>a</sup>	81,46±1,00 <sup>a</sup>

3 <sup>1</sup>Ingredientes: CNT: farelo de canola não tratado; CT: farelo de canola tratado; GNT: farelo de girassol não  
 4 tratado; GT: farelo de girassol tratado; SNT: farelo de soja não tratado; ST: farelo de soja tratado. Médias  
 5 seguidas de letras diferentes n mesma coluna apresentam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey  
 6 (P<0,05).



## DISCUSSÃO

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito de diferentes tratamentos químicos para remoção de fatores antinutricionais de farelos vegetais para a utilização em dietas para peixes, usando juvenis de jundiá.

O termo “fator antinutricional” tem sido usado para descrever compostos presentes em vários ingredientes de origem vegetal, que quando consumidos, reduzem o valor nutritivo desses alimentos, seja pela interferência na digestibilidade, absorção ou utilização de nutrientes ou por acarretar efeitos danosos à saúde, como diminuir sensivelmente a disponibilidade biológica dos aminoácidos essenciais e minerais, além de poder causar irritações e lesões da mucosa gastrintestinal (BENEVIDES et al., 2011). A remoção de compostos termolábeis pode ser obtida por extrusão ou outros tratamentos térmicos. No entanto, a eliminação de compostos secundários estáveis ao calor, e aumentando a concentração de nutrientes do ingrediente, requer tecnologias de diferenciadas de processamento, como a purificação de proteína o uso de solventes (DREW et al., 2007).

O aquecimento é um dos processos mais utilizados para melhorar a utilização do farelos vegetais pelos peixes, melhorando o desempenho e permitindo a inclusão destes farelos na dieta (TACON, 1997). Apesar de estudos mostrarem a eficiência do tratamento térmico na redução dos fatores nutricionais, esse processo apresenta algumas desvantagens como, por exemplo, a perda de nutrientes essenciais (vitaminas, aminoácidos, dentre outros) e diminuição da digestibilidade da proteína, seja pela desnaturação proteica ou pela complexação com outros compostos, como ocorre com a reação de Maillard (BENEVIDES et al., 2011; DREW et al., 2007; TACON, 1997).

No presente estudo, diferentes formas de tratamento foram avaliadas visando a remoção dos principais fatores antinutricionais termoestáveis (compostos fenólicos, taninos e ácido fítico) dos farelos de soja, canola e girassol. A lavagem com álcool (metanol, etanol ou ambos) se mostrou eficiente para a remoção dos compostos fenólicos e taninos em todas as fontes, enquanto que a lavagem com solução ácida foi mais eficiente na remoção do ácido fítico. A utilização dos dois tratamentos em sequência foi o que demonstrou melhores resultados para todos os farelos avaliados.

Assim como no farelo de soja, o uso de farelo de canola em rações pode ser limitado pela presença de compostos antinutricionais termolábeis e termoestáveis, sendo os principais:

glicosinolatos (termolábil - aproximadamente 16 $\mu$ mol/g), ácido fítico (2 %), taninos (1,5 a 3%), fibra e compostos fenólicos (BELL, 1993; GATLIN III et al., 2007).

As formas usuais de extração do farelo de girassol compreendem principalmente a utilização de misturas de solventes orgânicos e água e subsequente recuperação da proteína do material pré-extraído. Porém, o uso de solventes orgânicos pode não apenas causar desnaturação da proteína, como também aumentar o custo (recuperação do solvente e medidas de segurança). A pré-extração com água também já foi estudada, mostrando-se insuficiente e demorada (PICKARDT et al., 2009). Neste trabalho, optou-se pela utilização do álcool etílico como solvente, devido ao baixo custo, baixo risco à saúde humana e facilidade de recuperação do solvente.

Os processos convencionais de extração de proteína resultam em produtos de coloração escura com baixa qualidade nutricional. Isto pode ser atribuído à ligação covalente entre compostos fenólicos e grupos reativos da proteína, como cisteína e lisina, durante o processamento em meio alcalino. Os isolados proteicos de oleaginosas são normalmente extraídos em meio alcalino devido à sua solubilidade. Entretanto, a extração em meio ácido evita a ligação (irreversível) de ácidos fenólicos à proteína. Isto facilita a remoção de compostos fenólicos dos extratos, o que é pré-requisito para a obtenção de concentrados protéicos de coloração clara (PICKARDT et al., 2009). No presente estudo, foi utilizada a água acidificada com ácido sulfúrico para extração dos fatores antinutricionais.

Os compostos antinutricionais podem, para algumas espécies, estimular o consumo de alimento, atuar como promotores de crescimento ou melhorar a qualidade da carne. Gaber (2006) observou desempenho superior em tilápias que receberam ração à base de fontes protéicas vegetais com o extrato de *Yucca schidigera* (rico em saponinas), em relação à dieta controle, com farinha de peixe. A dose de extrato usada nas rações foi de 750 mg/kg. Francis et al. (2001) relatam que a saponina de *Quillaja saponaria* pode funcionar como promotor de crescimento para carpa comum e tilápia. Estudos recentes apontam que doses pequenas de ácido fítico na dieta (1,75g/100g) em dietas de suínos por 25 dias antes do abate reduziu a consideravelmente a oxidação lipídica da carne, sem reduzir significativamente o desempenho dos animais (HARBACH et al., 2007). Os taninos têm sido destacados por possuir efeito inibidor sobre várias bactérias, entre elas: *Aeromonas hydrophila*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*, *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus faecalis* (CHUNG et al., 1993). Contudo, alguns destes resultados ainda são questionados e não há definição dos níveis seguros para inclusão da dieta, sem que haja comprometimento do crescimento (GATLIN III et al., 2007).

A extração dos fatores antinutricionais, além de visar melhor aproveitamento dos nutrientes nos farelos tratados, permite a obtenção de compostos isolados com propriedades interessantes para a indústria alimentícia. Por exemplo, a capacidade antioxidante do ácido fítico, principalmente para produtos cárneos, tem sido descrita por vários pesquisadores (STODOLAK et al., 2007; HARBACH et al., 2007; FILGUEIRAS et al., 2009).

A partir da definição do tratamento a ser utilizado, foi avaliada a inclusão destes farelos em dietas para juvenis de jundiá, visando substituir parcialmente a farinha de peixe da dieta. Observou-se que a remoção dos fatores antinutricionais melhorou o desempenho dos juvenis de jundiá alimentados com farelo de canola ou farelo de soja, enquanto que para o farelo de girassol a diferença não foi significativa. Pode-se perceber que o tratamento químico, além de remover os compostos antinutricionais, removeu também grande parte dos carboidratos não-fibrosos e parte da gordura. Nos farelos de canola e de soja houve concentração de proteína, entretanto no farelo de girassol parece que parte da proteína foi solubilizada, havendo pequena redução da concentração deste nutriente. Além disso, levou ao aumento da quantidade de fibra (15,8% no farelo de canola, 13,35% no farelo de girassol e 18,39% no farelo de soja).

O teor de fibra na dieta afeta os parâmetros produtivos dos peixes, pois está diretamente ligada a digestão e absorção dos nutrientes. Para a tilápia, níveis de 3,65 a 8,50% de fibra bruta não interferem no desempenho dos peixes (MEURER et al., 2003). Lanna et al. (2004) encontraram resultado semelhante (inclusão máxima de 9% de celulose em dietas purificadas) quando avaliaram a relação entre níveis de fibra com ou sem adição de óleo. O nível de 9% de fibra bruta também foi o que proporcionou melhores resultados para a piracanjuba (GARCIA et al., 1999) e para juvenis de pacu (ZANONI, 1996). Níveis maiores que 9% (até 15%) de fibra bruta na dieta pacus diminuem o tempo de retenção do alimento no trato e a digestibilidade dos nutrientes (RODRIGUES et al., 2012). Para o jundiá, foi observado efeito quadrático do nível de fibra bruta sobre a biomassa final de animais criados em tanques-rede, com melhor resultado na dieta com 7% de fibra bruta (PEDRON et al., 2008).

Os resultados de desempenho zootécnico apresentaram correlação com os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína dos ingredientes, quando os farelos foram comparados entre si. Entretanto, ao comparar a eficiência do tratamento químico sobre os CDA da proteína do mesmo farelo, não foram observadas diferenças significativas. A avaliação da atividade das enzimas digestivas pode auxiliar na explicação destes resultados, já

que não foram encontradas diferenças entre os tratamentos para a atividade de protease ácida, tripsina e quimiotripsina entre as dietas avaliadas.

Percebe-se que, na escolha do tratamento químico a ser utilizado, é necessário levar em consideração não apenas a eficiência de remoção dos fatores antinutricionais, mas também a interação entre os solventes e as frações nutricionais do ingrediente, bem como a concentração/remoção de nutrientes destes farelos.

O conhecimento a respeito das técnicas de processamento possibilitará:

- Maior homogeneidade e valor nutricional de ingredientes, facilitando a formulação de dietas para peixes;
- Possibilidade de uso em dietas para peixes com maior exigência nutricional e formas jovens, devido ao aumento na concentração de nutrientes;
- Diminuição da excreção de nutrientes no ambiente de cultivo (melhor aproveitamento do alimento), contribuindo para a redução do impacto ambiental e aumento de produtividade;
- Melhora nos índices de desempenho, com diminuição do ciclo de cultivo;
- Utilização dos extratos de antinutrientes para manutenção da qualidade e vida de prateleira do produto final.



## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que:

- O processamento dos farelos através de lavagem com água em pH 1,0, seguido por lavagem em etanol P.A é o mais indicado para a retirada eficiente de fenóis totais e taninos totais dos farelos de canola, girassol e soja, por apresentar comportamento mais uniforme;
- O tratamento não proporciona diferença no desempenho de jundiás alimentados com farelo de canola tratado e não-tratado ou girassol tratado e não-tratado. Para farelo de soja, há melhora na qualidade nutricional após tratamento;
- Os farelos de soja e canola tratados podem substituir 30% da proteína da farinha de peixe, sem prejudicar o crescimento de juvenis de jundiá;
- Embora ocorram alterações na bioquímica plasmática dos juvenis de jundiá, as mesmas não parecem estar ligadas aos fatores antinutricionais presentes;
- Não há interferência do tratamento sobre o perfil enzimático de jundiás, indicando que o tratamento térmico (tostagem) dos farelos comerciais é eficiente na inativação de fatores antinutricionais termolábeis;
- O tratamento para remoção de antinutrientes proporciona aumento na concentração de aminoácidos dos farelos de canola, girassol e soja, potencializando o uso destes ingredientes em dietas para peixes;
- Peixes alimentados com os farelos não-tratados apresentam camada muscular do epitélio intestinal mais espessa, menor número de vilosidades e aumento da espessura da *lamina propria*, o que sugere a presença ativa de outros fatores antinutricionais;
- O tratamento para remoção de antinutrientes não afeta os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, matéria seca e matéria orgânica dos farelos de soja e girassol, mas melhora a digestibilidade da matéria seca do farelo de canola;
- A avaliação de tratamentos para retirada de fatores antinutricionais deve levar em consideração, além da remoção de antinutrientes, a concentração e/ou remoção dos demais nutrientes durante o processo e sua relação com a qualidade nutricional do ingrediente.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de jundiá**. Santa Maria, Ed. UFSM, 2004. 232p.
- BELL, J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.73, p.679-697, 1993.
- BENEVIDES, C.M.J. et al. Fatores antinutricionais em alimentos: revisão. **Segurança Alimentar e Nutricional**, V.18(2), p. 67-79, 2011.
- CAMPESTRINI, E. Farinha de carne e ossos. **Rev. Eletrônica Nutritime**, v. 1, n. 24, p. 237-236, 2005.
- CHUNG, K.T. et al. Growth inhibition of selected food-borne bacteria by tannic acid, propyl gallate and related compounds. **Letters in Applied Microbiology**, v.17, p.29–32, 1993.
- DOMÍNGUEZ, H.; NÚÑEZ, M.J.; LEMA, M. Aqueous processing of sunflower kernels with enzymatic technology. **Food Chemistry**, v.53, p.427-434, 1995.
- DREW, M.D.; BORGESON, T.L.; THIESSEN, D.L. A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. **Animal Feed Science and Technology**, v.138, p.118-136, 2007.
- EL-SAYED, A.F.M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, v. 179, p. 149-168, 1999.
- FILGUEIRAS, C. T. et al. Avaliação da atividade antioxidante do ácido fítico de germe de milho. **Química Nova**, v.32, n.7, p.1787-1791, 2009.
- FRACALOSSO, D.M. et al. No rastro das espécies nativas. **Panorama da Aqüicultura**, v. 12, p.43-49, 2002.
- GABER, M.M. The effects of plant-protein based diets Supplemented with yucca on growth, digestibility and chemical composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.37, p.74-81, 2006.
- FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effect in fish. **Aquaculture**, v.199, p.197-227, 2001.
- GARCIA, R.E. et al. Utilização da fibra bruta na nutrição de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Acta Scientiarum Animal Science**, v.21, n.3, p.725-731, 1999.
- GATLIN III, D.M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v.38, p.551-579, 2007.

HARBACH, A.P.R. et al. Dietary corn germ containing phytic acid prevents pork meat lipid oxidation while maintaining normal animal growth performance. **Food Chemistry**, v.100, n.4, p.1630-1633, 2007.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v.41, p.770-776, 2010.

KHAN, M.A. et al. Growth and body composition of rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing oilseed meals: partial or total replacement of fish meal with soybean meal. **Aquaculture Nutrition**, v. 9, p. 391-396, 2003.

KRAUGERUD, O.F; SVIHUS, B. Effects of online pretreatment of plant ingredients on processing responses and physical properties in extruded fish feed. **Animal Feed Science and Technology**, v.168, p.250-256, 2011.

LANNA, E.A.T. et al. Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.2186-2192, 2004.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.256-261, 2003.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. **Scientia Agrícola**, v.62, n.4, p.401-405, 2005.

MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura**. 2010. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>>. Acesso em: 03 set 2012.

MPA - MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA. **Estatística da pesca 2007 - Brasil**. 2007. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>>. Acesso em: 03 set 2012.

NAGEL, F. et al. Albumin and globulin rapeseed protein fractions as fish meal alternative in diets fed to rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.). **Aquaculture**, v.354–355, p.121-127, 2012.

PEDRON, F.A. et al. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.93-98, 2008.

PICKARDT, C. et al. Optimisation of mild-acidic protein extraction from defatted sunflower (*Helianthus annus* L.) meal. **Food Hydrocolloids**, v.23, p. 1966-1973, 2009.

RODRIGUES, A.P.O. et al. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v.18, p.65-72, 2012.

RADÜNZ NETO, J. Manejo alimentar – Nutrição. In: BALDISSEROTTO, B., RADUNZ NETO, J. **Criação de jundiá**, Santa Maria: Ed. da UFSM, p.143-160, 232p., 2004.

SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, v.38, n.3, p.843-851, 2008.

STODOLAK, B. et al. The effect of phytic acid on oxidative stability of raw and cooked meat. **Food Chemistry**, v.101, n.3, p.1041-1045, 2007.

TACON, A.G.J. Fish meal replacers: review of anti-nutrients within oilseeds and pulses – a limiting factor for the aquafeed green revolution? In: Tacon A., Basurca B. (Eds.) Feeding Tomorrow's fish. **Cahiers Options Méditerranéennes**, 22: 154-182. 1997.

VIELMA, J.; RUOHONEN, K.; PEISKER, M. Dephytinization of two soy proteins increases phosphorus and protein utilization by rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v.204, p.145–156, 2002.

WEBSTER, C.D.; LIM, C.E. **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. CAB International, 2002, 418 p.

WILSON, R.P. Aminoacids and protein. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. **Fish nutrition**. 3rd Edition, USA: Elsevier Science, p. 144-175, 2002.

ZANONI, M.A. **Níveis de fibra bruta em dietas de crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) HOLMBERG, 1887**. Florianópolis, SC, 1996, 66p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1996.



## APÊNDICES

### APÊNDICE 1 - Concentração de fatores antinutricionais (% na amostra integral) nos farelos não tratados (NT) e após diferentes tratamentos usados no presente trabalho

FAN <sup>1</sup>	NT <sup>2</sup>	Tratamentos <sup>3</sup>				
		A	EMA	ET	ETA	AE
Farelo de canola						
AF	1,95±0,22 <sup>a</sup>	2,36±0,05 <sup>ab</sup>	3,88±0,13 <sup>d</sup>	2,92±0,13 <sup>bc</sup>	3,35±0,11 <sup>cd</sup>	1,88±0,11 <sup>a</sup>
FT	1,81±0,02 <sup>c</sup>	0,89±0,01 <sup>d</sup>	0,76±0,01 <sup>cd</sup>	0,58±0,12 <sup>bc</sup>	0,41±0,01 <sup>ab</sup>	0,24±0,01 <sup>a</sup>
TT	1,10±0,02 <sup>d</sup>	0,42±0,08 <sup>c</sup>	0,38±0,04 <sup>bc</sup>	0,09±0,13 <sup>a</sup>	0,19±0,01 <sup>abc</sup>	0,10±0,03 <sup>ab</sup>
Farelo de girassol						
AF	3,07±0,07 <sup>b</sup>	2,25±0,10 <sup>a</sup>	4,95±0,17 <sup>d</sup>	3,72±0,14 <sup>c</sup>	3,82±0,07 <sup>c</sup>	2,26±0,04 <sup>a</sup>
FT	3,15±0,09 <sup>c</sup>	1,55±0,05 <sup>d</sup>	1,67±0,03 <sup>d</sup>	1,11±0,02 <sup>c</sup>	0,65±0,01 <sup>b</sup>	0,36±0,01 <sup>a</sup>
TT	2,23±0,07 <sup>e</sup>	1,02±0,06 <sup>d</sup>	1,14±0,02 <sup>d</sup>	0,75±0,02 <sup>c</sup>	0,44±0,01 <sup>b</sup>	0,23±0,01 <sup>a</sup>
Farelo de soja						
AF	1,02±0,09 <sup>a</sup>	0,88±0,02 <sup>a</sup>	2,47±0,03 <sup>d</sup>	1,83±0,05 <sup>c</sup>	1,96±0,07 <sup>c</sup>	1,53±0,02 <sup>b</sup>
FT	0,67±0,07 <sup>c</sup>	0,33±0,02 <sup>b</sup>	0,27±0,02 <sup>ab</sup>	0,26±0,01 <sup>ab</sup>	0,15±0,01 <sup>a</sup>	0,16±0,01 <sup>a</sup>
TT	0,53±0,07 <sup>b</sup>	0,19±0,01 <sup>a</sup>	0,10±0,01 <sup>a</sup>	0,11±0,02 <sup>a</sup>	0,08±0,02 <sup>a</sup>	0,05±0,01 <sup>a</sup>

<sup>1</sup>Fatores antinutricionais: AF: ácido fítico; FT: fenóis totais; TT: Taninos totais.

<sup>2</sup>NT: Farelos não tratados.

<sup>3</sup>Tratamentos: A: Água pH 1,0; EMA: Etanol : metanol : água 45:45:10; ET: Etanol pH 1,0; ETA: Etanol : água 70:30 pH 1,0; AE: Água pH 1,0 seguido de tratamentos com etanol.

Médias acompanhadas de letras diferentes na mesma linha apresentam diferença estatística significativa pelo teste de Tukey (P<0,05).





## ANEXOS

### ANEXO 1 – Normas de publicação da Ciência Rural (Artigo 1)

#### Normas para publicação

**1. CIÊNCIA RURAL** - Revista Científica do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria publica artigos científicos, revisões bibliográficas e notas referentes à área de Ciências Agrárias, que deverão ser destinados com exclusividade.

**2.** Os **artigos científicos, revisões e notas** devem ser encaminhados via [eletrônica](#) e editados em idioma Português ou Inglês. Todas as linhas deverão ser numeradas e paginadas no lado inferior direito. O trabalho deverá ser digitado em tamanho A4 210 x 297mm com, no máximo, 25 linhas por página em espaço duplo, com margens superior, inferior, esquerda e direita em 2,5cm, fonte Times New Roman e tamanho 12. **O máximo de páginas será 15 para artigo científico, 20 para revisão bibliográfica e 8 para nota, incluindo tabelas, gráficos e figuras.** Figuras, gráficos e tabelas devem ser disponibilizados ao final do texto e individualmente por página, sendo que **não poderão ultrapassar as margens e nem estar com apresentação paisagem.**

**3. O artigo científico deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução com Revisão de Literatura; Material e Métodos; Resultados e Discussão; Conclusão e Referências; Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição; Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

**4. A revisão bibliográfica deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Introdução; Desenvolvimento; Conclusão; e Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

**5. A nota deverá conter os seguintes tópicos:** Título (Português e Inglês); Resumo; Palavras-chave; Abstract; Key words; Texto (sem subdivisão, porém com introdução; metodologia; resultados e discussão e conclusão; podendo conter tabelas ou figuras); Referências. Agradecimento(s) e Apresentação; Fontes de Aquisição e Informe Verbal; Comitê de Ética e Biossegurança devem aparecer antes das referências. **Pesquisa envolvendo seres humanos e animais obrigatoriamente devem apresentar parecer de aprovação de um comitê de ética institucional já na submissão.** (Modelo [.doc](#), [.pdf](#)).

**6.** Não serão fornecidas separatas. Os artigos encontram-se disponíveis no formato pdf no endereço eletrônico da revista [www.scielo.br/cr](http://www.scielo.br/cr).

**7.** Descrever o título em português e inglês (caso o artigo seja em português) - inglês e português (caso o artigo seja em inglês). Somente a primeira letra do título do artigo deve ser

maiúscula exceto no caso de nomes próprios. Evitar abreviaturas e nomes científicos no título. O nome científico só deve ser empregado quando estritamente necessário. Esses devem aparecer nas palavras-chave, resumo e demais seções quando necessários.

**8.** As citações dos autores, no texto, deverão ser feitas com letras maiúsculas seguidas do ano de publicação, conforme exemplos: Esses resultados estão de acordo com os reportados por MILLER & KIPLINGER (1966) e LEE et al. (1996), como uma má formação congênita (MOULTON, 1978).

**9.** As Referências deverão ser efetuadas no estilo ABNT (NBR 6023/2000) conforme normas próprias da revista.

**9.1.** Citação de livro:

JENNINGS, P.B. **The practice of large animal surgery**. Philadelphia : Saunders, 1985. 2v.  
TOKARNIA, C.H. et al. (Mais de dois autores) **Plantas tóxicas da Amazônia a bovinos e outros herbívoros**. Manaus : INPA, 1979. 95p.

**9.2.** Capítulo de livro com autoria:

GORBAMAN, A. A comparative pathology of thyroid. In: HAZARD, J.B.; SMITH, D.E. **The thyroid**. Baltimore : Williams & Wilkins, 1964. Cap.2, p.32-48.

**9.3.** Capítulo de livro sem autoria:

COCHRAN, W.C. The estimation of sample size. In: \_\_\_\_\_. **Sampling techniques**. 3.ed. New York : John Willey, 1977. Cap.4, p.72-90.  
TURNER, A.S.; McILWRAITH, C.W. Fluidoterapia. In: \_\_\_\_\_. **Técnicas cirúrgicas em animais de grande porte**. São Paulo : Roca, 1985. p.29-40.

**9.4.** Artigo completo:

O autor deverá acrescentar a url para o artigo referenciado e o número de identificação DOI (Digital Object Identifiers), conforme exemplos abaixo:

MEWIS, I.; ULRICHS, CH. Action of amorphous diatomaceous earth against different stages of the stored product pests *Tribolium confusum* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae), *Sitophilus granarius* (Coleoptera: Curculionidae) and *Plodia interpunctella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Stored Product Research**, Amsterdam (Cidade opcional), v.37, p.153-164, 2001. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X\(00\)00016-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-474X(00)00016-3)>. Acesso em: 20 nov. 2008. doi: 10.1016/S0022-474X(00)00016-3.

PINTO JUNIOR, A.R. et al (Mais de 2 autores). Resposta de *Sitophilus oryzae* (L.), *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.) a diferentes concentrações de terra de diatomácea em trigo armazenado a granel. **Ciência Rural**, Santa Maria (Cidade opcional), v. 38, n. 8, p.2103-2108, nov. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782008000800002&lng=pt&nrm=iso)>. Acesso em: 25 nov. 2008. doi: 10.1590/S0103-84782008000800002.

**9.5.** Resumos:

RIZZARDI, M.A.; MILGIORANÇA, M.E. Avaliação de cultivares do ensaio nacional de girassol, Passo Fundo, RS, 1991/92. In: JORNADA DE PESQUISA DA UFSM, 1., 1992,

Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria : Pró-reitoria de Pós-graduação e Pesquisa, 1992. V.1. 420p. p.236.

**9.6.** Tese, dissertação:

COSTA, J.M.B. **Estudo comparativo de algumas características digestivas entre bovinos (Charolês) e bubalinos (Jafarabad)**. 1986. 132f. Monografia/Dissertação/Tese (Especialização/ Mestrado/Doutorado em Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.

**9.7.** Boletim:

ROGIK, F.A. **Indústria da lactose**. São Paulo : Departamento de Produção Animal, 1942. 20p. (Boletim Técnico, 20).

**9.8.** Informação verbal:

Identificada no próprio texto logo após a informação, através da expressão entre parênteses. Exemplo: ... são achados descritos por Vieira (1991 - Informe verbal). Ao final do texto, antes das Referências Bibliográficas, citar o endereço completo do autor (incluir E-mail), e/ou local, evento, data e tipo de apresentação na qual foi emitida a informação.

**9.9.** Documentos eletrônicos:

MATERA, J.M. **Afecções cirúrgicas da coluna vertebral: análise sobre as possibilidades do tratamento cirúrgico**. São Paulo: Departamento de Cirurgia, FMVZ-USP, 1997. 1 CD.

GRIFON, D.M. Arthroscopic diagnosis of elbow displasia. In: WORLD SMALL ANIMAL VETERINARY CONGRESS, 31., 2006, Prague, Czech Republic. **Proceedings...** Prague: WSAVA, 2006. p.630-636. Acessado em 12 fev. 2007. Online. Disponível em: <http://www.ivis.org/proceedings/wsava/2006/lecture22/Griffon1.pdf?LA=1>

UFRGS. **Transgênicos**. Zero Hora Digital, Porto Alegre, 23 mar. 2000. Especiais. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: <http://www.zh.com.br/especial/index.htm>

ONGPHIPHADHANAKUL, B. Prevention of postmenopausal bone loss by low and conventional doses of calcitriol or conjugated equine estrogen. **Maturitas**, (Ireland), v.34, n.2, p.179-184, Feb 15, 2000. Obtido via base de dados MEDLINE. 1994-2000. Acessado em 23 mar. 2000. Online. Disponível em: [http://www. Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm](http://www.Medscape.com/server-java/MedlineSearchForm)

MARCHIONATTI, A.; PIPPI, N.L. Análise comparativa entre duas técnicas de recuperação de úlcera de córnea não infectada em nível de estroma médio. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE CIRURGIA VETERINÁRIA, 3., 1997, Corrientes, Argentina. **Anais...** Corrientes : Facultad de Ciencias Veterinarias - UNNE, 1997. Disquete. 1 disquete de 31/2. Para uso em PC.

**10.** Desenhos, gráficos e fotografias serão denominados figuras e terão o número de ordem em algarismos arábicos. A revista não usa a denominação quadro. As figuras devem ser disponibilizadas individualmente por página. Os desenhos figuras e gráficos (com largura de no máximo 16cm) devem ser feitos em editor gráfico sempre em qualidade máxima com pelo menos 300 dpi em extensão .tiff. As tabelas devem conter a palavra tabela, seguida do número de ordem em algarismo arábico e não devem exceder uma lauda.

- 11.** Os conceitos e afirmações contidos nos artigos serão de inteira responsabilidade do(s) autor(es).
- 12.** Será obrigatório o cadastro de todos autores nos metadados de submissão. O artigo não tramitará enquanto o referido item não for atendido. Excepcionalmente, mediante consulta prévia para a Comissão Editorial outro expediente poderá ser utilizado.
- 13.** Lista de verificação (Checklist [.doc](#), [.pdf](#)).
- 14.** Os artigos serão publicados em ordem de aprovação.
- 15.** Os artigos não aprovados serão arquivados havendo, no entanto, o encaminhamento de uma justificativa pelo indeferimento.
- 16.** Em caso de dúvida, consultar artigos de fascículos já publicados antes de dirigir-se à Comissão Editorial.

## **ANEXO 2 – Normas de publicação da Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (Artigos 2 e 3)**

### **INSTRUÇÕES PARA SUBMISSÃO DE TRABALHOS NA REVISTA PAB**

(Disponível em <http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/FrInfoAutor>)

Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos e não podem ter sido encaminhados a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

A Comissão Editorial faz análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como: escopo; apresentação do artigo segundo as normas da revista; formulação do objetivo de forma clara; clareza da redação; fundamentação teórica; atualização da revisão da literatura; coerência e precisão da metodologia; resultados com contribuição significativa; discussão dos fatos observados frente aos descritos na literatura; qualidade das tabelas e figuras; originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério só é aplicado aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do artigo.

São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor. Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

O texto deve ser digitado no editor de texto Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, margens de 2,5 cm, com páginas e linhas numeradas.

#### **Escopo e política editorial**

A revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB) é uma publicação mensal da Embrapa, que edita e publica trabalhos técnico-científicos originais, em português, espanhol ou inglês, resultantes de pesquisas de interesse agropecuário. A principal forma de contribuição é o Artigo, mas a PAB também publica Notas Científicas e Revisões a convite do Editor.

#### **Análise dos artigos**

A Comissão Editorial faz a análise dos trabalhos antes de submetê-los à assessoria científica. Nessa análise, consideram-se aspectos como escopo, apresentação do artigo segundo as normas da revista, formulação do objetivo de forma clara, clareza da redação, fundamentação teórica, atualização da revisão da literatura, coerência e precisão da metodologia, resultados com contribuição significativa, discussão dos fatos observados em relação aos descritos na literatura, qualidade das tabelas e figuras, originalidade e consistência das conclusões. Após a aplicação desses critérios, se o número de trabalhos aprovados ultrapassa a capacidade mensal de publicação, é aplicado o critério da relevância relativa, pelo qual são aprovados os trabalhos cuja contribuição para o avanço do conhecimento científico é considerada mais significativa. Esse critério é aplicado somente aos trabalhos que atendem aos requisitos de qualidade para publicação na revista, mas que, em razão do elevado número, não podem ser todos aprovados para publicação. Os trabalhos rejeitados são devolvidos aos autores e os demais são submetidos à análise de assessores científicos, especialistas da área técnica do

artigo.

### **Forma e preparação de manuscritos**

- Os trabalhos enviados à PAB devem ser inéditos (não terem dados – tabelas e figuras – publicadas parcial ou integralmente em nenhum outro veículo de divulgação técnico-científica, como boletins institucionais, anais de eventos, comunicados técnicos, notas científicas etc.) e não podem ter sido encaminhados simultaneamente a outro periódico científico ou técnico. Dados publicados na forma de resumos, com mais de 250 palavras, não devem ser incluídos no trabalho.

- São considerados, para publicação, os seguintes tipos de trabalho: Artigos Científicos, Notas Científicas e Artigos de Revisão, este último a convite do Editor.

- Os trabalhos publicados na PAB são agrupados em áreas técnicas, cujas principais são: Entomologia, Fisiologia Vegetal, Fitopatologia, Fitotecnia, Fruticultura, Genética, Microbiologia, Nutrição Mineral, Solos e Zootecnia.

- O texto deve ser digitado no editor de texto Microsoft Word, em espaço duplo, fonte Times New Roman, corpo 12, folha formato A4, com margens de 2,5 cm e com páginas e linhas numeradas.

### **Informações necessárias na submissão on-line de trabalhos**

No passo 1 da submissão (Início), em "comentários ao editor", informar a relevância e o aspecto inédito do trabalho.

No passo 2 da submissão (Inclusão de metadados), em "resumo da biografia" de cada autor, informar a formação e o grau acadêmico. Clicar em "incluir autor" para inserir todos os coautores do trabalho, na ordem de autoria.

Ainda no passo 2, copiar e colar o título, resumo e termos para indexação (key words) do trabalho nos respectivos campos do sistema. Depois, ir à parte superior da tela, no campo "Idioma do formulário", e selecionar "English". Descer a tela (clicar na barra de rolagem) e copiar e colar o "title", "abstract" e os "index terms" nos campos correspondentes. (Para dar continuidade ao processo de submissão, é necessário que tanto o título, o resumo e os termos para indexação quanto o title, o abstract e os index terms do manuscrito tenham sido fornecidos.)

No passo 3 da submissão (Transferência do manuscrito), carregar o trabalho completo em arquivo Microsoft Word 1997 a 2003.

No passo 4 da submissão (Transferência de documentos suplementares), carregar, no sistema on-line da revista PAB, um arquivo Word com todas as cartas (mensagens) de concordância dos coautores coladas conforme as explicações abaixo:

Colar um e-mail no arquivo word de cada coautor de concordância com o seguinte conteúdo: "Eu, ..., concordo com o conteúdo do trabalho intitulado "....." e com a submissão para a publicação na revista PAB.

**Como fazer:** Peça ao coautor que lhe envie um e-mail de concordância, encaminhe-o para o seu próprio e-mail (assim gerará os dados da mensagem original: assunto, data, de e para), marque todo o email e copie e depois cole no arquivo word. Assim, teremos todas as cartas de concordâncias dos co-autores num mesmo arquivo.

### **Organização do Artigo Científico**

A ordenação do artigo deve ser feita da seguinte forma:

- Artigos em português - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, Introdução, Material e Métodos, Resultados e Discussão, Conclusões, Agradecimentos, Referências, tabelas e figuras.

- Artigos em inglês - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Abstract, Index terms, título em português, Resumo, Termos para indexação, Introduction, Materials and Methods, Results and Discussion, Conclusions, Acknowledgements, References, tables, figures.
- Artigos em espanhol - Título, autoria, endereços institucionais e eletrônicos, Resumen, Términos para indexación; título em inglês, Abstract, Index terms, Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones, Agradecimientos, Referencias, cuadros e figuras.
- O título, o resumo e os termos para indexação devem ser vertidos fielmente para o inglês, no caso de artigos redigidos em português e espanhol, e para o português, no caso de artigos redigidos em inglês.
- O artigo científico deve ter, no máximo, 20 páginas, incluindo-se as ilustrações (tabelas e figuras), que devem ser limitadas a seis, sempre que possível.

### **Título**

- Deve representar o conteúdo e o objetivo do trabalho e ter no máximo 15 palavras, incluindo-se os artigos, as preposições e as conjunções.
- Deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- Deve ser iniciado com palavras chaves e não com palavras como "efeito" ou "influência".
- Não deve conter nome científico, exceto de espécies pouco conhecidas; neste caso, apresentar somente o nome binário.
- Não deve conter subtítulo, abreviações, fórmulas e símbolos.
- As palavras do título devem facilitar a recuperação do artigo por índices desenvolvidos por bases de dados que catalogam a literatura.

### **Nomes dos autores**

- Grafar os nomes dos autores com letra inicial maiúscula, por extenso, separados por vírgula; os dois últimos são separados pela conjunção "e", "y" ou "and", no caso de artigo em português, espanhol ou em inglês, respectivamente.
- O último sobrenome de cada autor deve ser seguido de um número em algarismo arábico, em forma de expoente, entre parênteses, correspondente à chamada de endereço do autor.

### **Endereço dos autores**

- São apresentados abaixo dos nomes dos autores, o nome e o endereço postal completos da instituição e o endereço eletrônico dos autores, indicados pelo número em algarismo arábico, entre parênteses, em forma de expoente.
- Devem ser agrupados pelo endereço da instituição.
- Os endereços eletrônicos de autores da mesma instituição devem ser separados por vírgula.

### **Resumo**

- O termo Resumo deve ser grafado em letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda, e separado do texto por travessão.
- Deve conter, no máximo, 200 palavras, incluindo números, preposições, conjunções e artigos.
- Deve ser elaborado em frases curtas e conter o objetivo, o material e os métodos, os resultados e a conclusão.
- Não deve conter citações bibliográficas nem abreviaturas.
- O final do texto deve conter a principal conclusão, com o verbo no presente do indicativo.

### **Termos para indexação**

- A expressão Termos para indexação, seguida de dois-pontos, deve ser grafada em letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Os termos devem ser separados por vírgula e iniciados com letra minúscula.
- Devem ser no mínimo três e no máximo seis, considerando-se que um termo pode possuir duas ou mais palavras.
- Não devem conter palavras que componham o título.
- Devem conter o nome científico (só o nome binário) da espécie estudada.
- Devem, preferencialmente, ser termos contidos no [AGROVOC: Multilingual Agricultural Thesaurus](#) ou no [Índice de Assuntos da base SciELO](#).

### **Introdução**

- A palavra Introdução deve ser centralizada e grafada com letras minúsculas, exceto a letra inicial, e em negrito.
- Deve apresentar a justificativa para a realização do trabalho, situar a importância do problema científico a ser solucionado e estabelecer sua relação com outros trabalhos publicados sobre o assunto.
- O último parágrafo deve expressar o objetivo de forma coerente com o descrito no início do Resumo.

### **Material e Métodos**

- A expressão Material e Métodos deve ser centralizada e grafada em negrito; os termos Material e Métodos devem ser grafados com letras minúsculas, exceto as letras iniciais.
- Deve ser organizado, de preferência, em ordem cronológica.
- Deve apresentar a descrição do local, a data e o delineamento do experimento, e indicar os tratamentos, o número de repetições e o tamanho da unidade experimental.
- Deve conter a descrição detalhada dos tratamentos e variáveis.
- Deve-se evitar o uso de abreviações ou as siglas.
- Os materiais e os métodos devem ser descritos de modo que outro pesquisador possa repetir o experimento.
- Devem ser evitados detalhes supérfluos e extensas descrições de técnicas de uso corrente.
- Deve conter informação sobre os métodos estatísticos e as transformações de dados.
- Deve-se evitar o uso de subtítulos; quando indispensáveis, grafá-los em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial, na margem esquerda da página.

### **Resultados e Discussão**

- A expressão Resultados e Discussão deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Todos os dados apresentados em tabelas ou figuras devem ser discutidos.
- As tabelas e figuras são citadas seqüencialmente.
- Os dados das tabelas e figuras não devem ser repetidos no texto, mas discutidos em relação aos apresentados por outros autores.
- Evitar o uso de nomes de variáveis e tratamentos abreviados.
- Dados não apresentados não podem ser discutidos.
- Não deve conter afirmações que não possam ser sustentadas pelos dados obtidos no próprio trabalho ou por outros trabalhos citados.
- As chamadas às tabelas ou às figuras devem ser feitas no final da primeira oração do texto em questão; se as demais sentenças do parágrafo referirem-se à mesma tabela ou figura, não é necessária nova chamada.



- Não apresentar os mesmos dados em tabelas e em figuras.
- As novas descobertas devem ser confrontadas com o conhecimento anteriormente obtido.

### **Conclusões**

- O termo **Conclusões** deve ser centralizado e grafado em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser apresentadas em frases curtas, sem comentários adicionais, com o verbo no presente do indicativo.
- Devem ser elaboradas com base no objetivo do trabalho.
- Não podem consistir no resumo dos resultados.
- Devem apresentar as novas descobertas da pesquisa.
- Devem ser numeradas e no máximo cinco.

### **Agradecimentos**

- A palavra **Agradecimentos** deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser breves e diretos, iniciando-se com "Ao, Aos, À ou Às" (pessoas ou instituições).
- Devem conter o motivo do agradecimento.

### **Referências**

- A palavra *Referências* deve ser centralizada e grafada em negrito, com letras minúsculas, exceto a letra inicial.
- Devem ser de fontes atuais e de periódicos: pelo menos 70% das referências devem ser dos últimos 10 anos e 70% de artigos de periódicos.
- Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 6023 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.
- Devem ser apresentadas em ordem alfabética dos nomes dos autores, separados por ponto-e-vírgula, sem numeração.
- Devem apresentar os nomes de todos os autores da obra.
- Devem conter os títulos das obras ou dos periódicos grafados em negrito.
- Devem conter somente a obra consultada, no caso de citação de citação.
- Todas as referências devem registrar uma data de publicação, mesmo que aproximada.
- Devem ser trinta, no máximo.

### **Exemplos:**

- Artigos de Anais de Eventos (aceitos apenas trabalhos completos)  
 AHRENS, S. A fauna silvestre e o manejo sustentável de ecossistemas florestais. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO SOBRE MANEJO FLORESTAL, 3., 2004, Santa Maria. **Anais**. Santa Maria: UFSM, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, 2004. p.153-162.

- Artigos de periódicos  
 SANTOS, M.A. dos; NICOLÁS, M.F.; HUNGRIA, M. Identificação de QTL associados à simbiose entre *Bradyrhizobium japonicum*, *B. elkanii* e soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.67-75, 2006.

- Capítulos de livros  
 AZEVEDO, D.M.P. de; NÓBREGA, L.B. da; LIMA, E.F.; BATISTA, F.A.S.; BELTRÃO, N.E. de M. Manejo cultural. In: AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (Ed.). **O agronegócio da**

**mamona no Brasil.** Campina Grande: Embrapa Algodão; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p.121-160.

- Livros

OTSUBO, A.A.; LORENZI, J.O. **Cultivo da mandioca na Região Centro-Sul do Brasil.** Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste; Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. 116p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Sistemas de produção, 6).

- Teses

HAMADA, E. **Desenvolvimento fenológico do trigo (cultivar IAC 24 - Tucuruí), comportamento espectral e utilização de imagens NOAA-AVHRR.** 2000. 152p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

- Fontes eletrônicas

EMBRAPA AGROPECUÁRIA OESTE. **Avaliação dos impactos econômicos, sociais e ambientais da pesquisa da Embrapa Agropecuária Oeste:** relatório do ano de 2003. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 97p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Documentos, 66). Disponível em: . Acesso em: 18 abr. 2006.

## Citações

- Não são aceitas citações de resumos, comunicação pessoal, documentos no prelo ou qualquer outra fonte, cujos dados não tenham sido publicados.
- A autocitação deve ser evitada.
- Devem ser normalizadas de acordo com a NBR 10520 da ABNT, com as adaptações descritas a seguir.
- Redação das citações dentro de parênteses
- Citação com um autor: sobrenome grafado com a primeira letra maiúscula, seguido de vírgula e ano de publicação.
- Citação com dois autores: sobrenomes grafados com a primeira letra maiúscula, separados pelo "e" comercial (&), seguidos de vírgula e ano de publicação.
- Citação com mais de dois autores: sobrenome do primeiro autor grafado com a primeira letra maiúscula, seguido da expressão et al., em fonte normal, vírgula e ano de publicação.
- Citação de mais de uma obra: deve obedecer à ordem cronológica e em seguida à ordem alfabética dos autores.
- Citação de mais de uma obra dos mesmos autores: os nomes destes não devem ser repetidos; colocar os anos de publicação separados por vírgula.
- Citação de citação: sobrenome do autor e ano de publicação do documento original, seguido da expressão "citado por" e da citação da obra consultada.
- Deve ser evitada a citação de citação, pois há risco de erro de interpretação; no caso de uso de citação de citação, somente a obra consultada deve constar da lista de referências.
- Redação das citações fora de parênteses
- Citações com os nomes dos autores incluídos na sentença: seguem as orientações anteriores, com os anos de publicação entre parênteses; são separadas por vírgula.

## Fórmulas, expressões e equações matemáticas

- Devem ser iniciadas à margem esquerda da página e apresentar tamanho padronizado da fonte Times New Roman.
- Não devem apresentar letras em itálico ou negrito, à exceção de símbolos escritos convencionalmente em itálico.

## **Tabelas**

- As tabelas devem ser numeradas seqüencialmente, com algarismo arábico, e apresentadas em folhas separadas, no final do texto, após as referências.
- Devem ser auto-explicativas.
- Seus elementos essenciais são: título, cabeçalho, corpo (colunas e linhas) e coluna indicadora dos tratamentos ou das variáveis.
- Os elementos complementares são: notas-de-rodapé e fontes bibliográficas.
- O título, com ponto no final, deve ser precedido da palavra Tabela, em negrito; deve ser claro, conciso e completo; deve incluir o nome (vulgar ou científico) da espécie e das variáveis dependentes.
- No cabeçalho, os nomes das variáveis que representam o conteúdo de cada coluna devem ser grafados por extenso; se isso não for possível, explicar o significado das abreviaturas no título ou nas notas-de-rodapé.
- Todas as unidades de medida devem ser apresentadas segundo o Sistema Internacional de Unidades.
- Nas colunas de dados, os valores numéricos devem ser alinhados pelo último algarismo.
- Nenhuma célula (cruzamento de linha com coluna) deve ficar vazia no corpo da tabela; dados não apresentados devem ser representados por hífen, com uma nota-de-rodapé explicativa.
- Na comparação de médias de tratamentos são utilizadas, no corpo da tabela, na coluna ou na linha, à direita do dado, letras minúsculas ou maiúsculas, com a indicação em nota-de-rodapé do teste utilizado e a probabilidade.
- Devem ser usados fios horizontais para separar o cabeçalho do título, e do corpo; usá-los ainda na base da tabela, para separar o conteúdo dos elementos complementares. Fios horizontais adicionais podem ser usados dentro do cabeçalho e do corpo; não usar fios verticais.
- As tabelas devem ser editadas em arquivo Word, usando os recursos do menu Tabela; não fazer espaçamento utilizando a barra de espaço do teclado, mas o recurso recuo do menu Formatar Parágrafo.
- Notas de rodapé das tabelas
- Notas de fonte: indicam a origem dos dados que constam da tabela; as fontes devem constar nas referências.
- Notas de chamada: são informações de caráter específico sobre partes da tabela, para conceituar dados. São indicadas em algarismo arábico, na forma de expoente, entre parênteses, à direita da palavra ou do número, no título, no cabeçalho, no corpo ou na coluna indicadora. São apresentadas de forma contínua, sem mudança de linha, separadas por ponto.
- Para indicação de significância estatística, são utilizadas, no corpo da tabela, na forma de expoente, à direita do dado, as chamadas ns (não-significativo); \* e \*\* (significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente).

## **Figuras**

- São consideradas figuras: gráficos, desenhos, mapas e fotografias usados para ilustrar o texto.
- Só devem acompanhar o texto quando forem absolutamente necessárias à documentação dos fatos descritos.
- O título da figura, sem negrito, deve ser precedido da palavra Figura, do número em algarismo arábico, e do ponto, em negrito.
- Devem ser auto-explicativas.

- A legenda (chave das convenções adotadas) deve ser incluída no corpo da figura, no título, ou entre a figura e o título.
- Nos gráficos, as designações das variáveis dos eixos X e Y devem ter iniciais maiúsculas, e devem ser seguidas das unidades entre parênteses.
- Figuras não-originais devem conter, após o título, a fonte de onde foram extraídas; as fontes devem ser referenciadas.
- O crédito para o autor de fotografias é obrigatório, como também é obrigatório o crédito para o autor de desenhos e gráficos que tenham exigido ação criativa em sua elaboração.
- As unidades, a fonte (Times New Roman) e o corpo das letras em todas as figuras devem ser padronizados.
- Os pontos das curvas devem ser representados por marcadores contrastantes, como: círculo, quadrado, triângulo ou losango (cheios ou vazios).
- Os números que representam as grandezas e respectivas marcas devem ficar fora do quadrante.
- As curvas devem ser identificadas na própria figura, evitando o excesso de informações que comprometa o entendimento do gráfico.
- Devem ser elaboradas de forma a apresentar qualidade necessária à boa reprodução gráfica e medir 8,5 ou 17,5 cm de largura.
- Devem ser gravadas nos programas Word, Excel ou Corel Draw, para possibilitar a edição em possíveis correções.
- Usar fios com, no mínimo, 3/4 ponto de espessura.
- No caso de gráfico de barras e colunas, usar escala de cinza (exemplo: 0, 25, 50, 75 e 100%, para cinco variáveis).
- Não usar negrito nas figuras.
- As figuras na forma de fotografias devem ter resolução de, no mínimo, 300 dpi e ser gravadas em arquivos extensão TIF, separados do arquivo do texto.
- Evitar usar cores nas figuras; as fotografias, porém, podem ser coloridas.

### **Notas Científicas**

- Notas científicas são breves comunicações, cuja publicação imediata é justificada, por se tratar de fato inédito de importância, mas com volume insuficiente para constituir um artigo científico completo.
- Apresentação de Notas Científicas
- A ordenação da Nota Científica deve ser feita da seguinte forma: título, autoria (com as chamadas para endereço dos autores), Resumo, Termos para indexação, título em inglês, Abstract, Index terms, texto propriamente dito (incluindo introdução, material e métodos, resultados e discussão, e conclusão, sem divisão), Referências, tabelas e figuras.
- As normas de apresentação da Nota Científica são as mesmas do Artigo Científico, exceto nos seguintes casos:
- Resumo com 100 palavras, no máximo.
- Deve ter apenas oito páginas, incluindo-se tabelas e figuras.
- Deve apresentar, no máximo, 15 referências e duas ilustrações (tabelas e figuras).

### **Outras informações**

- Não há cobrança de taxa de publicação.
- Os manuscritos aprovados para publicação são revisados por no mínimo dois especialistas.
- O editor e a assessoria científica reservam-se o direito de solicitar modificações nos artigos e de decidir sobre a sua publicação.
- São de exclusiva responsabilidade dos autores as opiniões e conceitos emitidos nos trabalhos.

- Os trabalhos aceitos não podem ser reproduzidos, mesmo parcialmente, sem o consentimento expresso do editor da PAB.

Contatos com a secretaria da revista podem ser feitos por telefone: (61)3448-4231 e 3273-9616, fax: (61)3340-5483, via e-mail: [pab@sct.embrapa.br](mailto:pab@sct.embrapa.br) ou pelos correios: Embrapa Informação Tecnológica

Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB

Caixa Postal 040315

CEP 70770 901 Brasília, DF .