



Universidade Federal do Pará
Instituto de Medicina Veterinária
Embrapa Amazônia Oriental
Universidade Federal Rural da Amazônia

Programa de Pós-graduação em Ciência Animal

Luana de Nazaré dos Anjos Aires

Coeficiente de digestibilidade aparente do concentrado proteico de soja para juvenis de
Pirarucu Arapaima gigas Schinz (1822)

**Belém
2021**

Luana de Nazaré dos Anjos Aires

Coeficiente de digestibilidade aparente do concentrado proteico de soja para juvenis de
Pirarucu Arapaima gigas Schinz (1822)

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – Universidade Federal do Pará, para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Área de Concentração: Ecologia Aquática e Aquicultura.

Orientadora: Prof^a Dr^a Rossineide Martins da Rocha
Laboratório de Ultraestrutura Celular ICB/UFPA

Co-orientadora: Dr^a Roselany de Oliveira Corrêa
EMBRAPA Amazônia Oriental

**Belém
2021**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

A298c Aires, Luana de Nazaré dos Anjos.
Coeficiente de digestibilidade aparente do concentrado proteico de
soja para juvenis de Pirarucu *Arapaima gigas* Schinz (1822) / Luana de
Nazaré dos Anjos Aires. — 2021.
47 f. : il.

Orientador(a): Prof^a. Dra. Rossineide Martins da Rocha
Coorientação:
Prof^a. Dra. Roselany de Oliveira Corrêa
Dissertação (Mestrado) -
Universidade Federal do Pará,
Campus Universitário de Castanhal, Programa de Pós-Graduação em
Ciência Animal, Castanhal, 2021.

1. Digestão. 2. Espécies amazônicas. 3. Nutrição de peixe.
4. Fontes proteicas vegetais. I. Título.

CDD 016.636084

Luana de Nazaré dos Anjos Aires

**Coefficiente de digestibilidade aparente do concentrado protéico de soja
para juvenis de Pirarucu *Arapaima gigas* Schinz (1822)**

Data da Aprovação: Belém, 06/09/2021

Banca Examinadora



Prof.^a Dr.^a Rosineide Martins da Rocha (Presidente)
Universidade Federal do Pará



Prof.^o Dr.^o Daniel Abreu Vasconcelos Campelo (Titular)
Universidade Federal do Pará



Prof.^a Dr.^a Eliane Tie Oba Yoshioka (Titular)
Embrapa Amapá / Universidade Federal do Amapá



Prof.^a Dr.^a Maria Auxiliadora Pantoja Ferreira (Titular)
Universidade Federal do Pará

Dedico este trabalho a Rosinete dos Anjos por ter sido
o motivo de incentivo ao meu ingresso no mestrado.

É por você, mãe.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todo suporte celestial desde o processo de ingresso ao mestrado até a finalização do mesmo. Por ter sido paz e amparo nessa jornada de crescimento profissional e pessoal.

A Universidade Federal do Pará por todo apoio estrutural e acadêmico. Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal – PPGCAN/UFPA, principalmente a todos os professores e colaboradores do desse programa, pelas imensas contribuições na minha vida profissional, em especial a minha orientadora Rossineide Martins da Rocha.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro via concessão da bolsa de estudo.

A EMBRAPA pelo projeto “Aquicultura com Tecnologia e Sustentabilidade, Aquitech”, financiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (Projeto 37/2018).

A todos da estação de piscicultura da EMBRAPA, Sr. Ely, Claudemir, Amanda Reis, Taiane Sousa, Renata de Oliveira, Cristhian Queiroz, e em especial a Roselany Corrêa que foi suporte do início ao fim, e a quem sou profundamente grata por toda ajuda na realização desse trabalho, pelos ensinamentos pessoais e profissionais.

À minha mãe por todo apoio, cuidado, sensibilidade e demonstrações de amor sob forma de ajuda no dia a dia. Obrigada por ter acreditado que isso seria possível.

Ao meu pai e irmãos por trazerem leveza em forma de piadas, reuniões de família e encontros rápidos, mas que foram cruciais para amenizar as pressões da vida.

À minha amiga Lorena Moraes, que conheci durante a graduação em Zootecnia e se tornou uma irmã de outra família, melhor amiga, e ombro nos momentos tristes. Obrigada por sempre vibrar minhas conquistas.

Às minhas amigas Crislene Monteiro, Amanda Mendonça, e Clayciane Nascimento, vocês foram essenciais nesses últimos anos. Muito obrigada por tantas recordações.

Ao Victor Guedes por todo amor, amizade, companheirismo, apoio e por me proporcionar tantas risadas. Amo-te.

Aos amigos que fiz na pós-graduação, especialmente ao Daércio Ribeiro que foi parceiro nesses anos de mestrado, compartilhando histórias, angústias, tornando tudo mais leve com um “vai dá tudo certo!”.

Por fim, gostaria de agradecer à toda minha família e amigos por todo amor, e por de forma direta ou indireta acreditarem em mim, apoiarem as minhas escolhas, e perdoarem as minhas ausências.

RESUMO

O pirarucu (*Arapaima gigas*) é um peixe carnívoro nativo da bacia amazônica, possui características favoráveis para a criação em cativeiro, tais como: rápido crescimento, podendo atingir até 12 kg no primeiro ano de criação; tem respiração aérea, sendo resistente a baixos níveis de oxigênio dissolvido na água; pode ser treinado a receber rações comerciais; possui alto rendimento de filé, com elevado valor no mercado. Contudo, é uma espécie de elevada exigência proteica, e as principais fontes utilizadas nas formulações de rações completas são de origem animal, principalmente farinha de peixe, insumo finito e de elevado valor comercial. Portanto, torna-se essencial buscar fontes proteicas alternativas a esse insumo, como o Concentrado Proteico de Soja (CPS), que apresenta elevado teor proteico e baixa concentração de fatores antinutricionais devido ao seu processamento. Existem várias avaliações feitas com o farelo de soja, mas pouco se conhece sobre a qualidade nutricional do CPS para um carnívoro como o pirarucu. Portanto, este estudo teve como objetivo determinar os Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDAs) da Matéria Seca (MS), da Proteína Bruta (PB), e da Energia Bruta (EB) do CPS para duas classes de peso do pirarucu (200 e 600 g) e comparar com o CDA do farelo de soja (FS) para peixes com peso médio de 600 g. Os CDAs foram determinados pelo método indireto, utilizando óxido de cromo como marcador inerte. Foram utilizados 18 peixes por caixa para a classe I ($217,68 \pm 5,51$ g) e 6 peixes por caixa para a classe II ($624,16 \pm 2,75$ g). Diferenças significativas entre as duas classes no CDA de MS e EB do CPS, cujo aproveitamento foi menor para os indivíduos da classe I. Não foi observada diferença para o CDA da PB do CPS ($P > 0,05$) entre as classes de peso. A comparação feita entre os CDAs da MS, PB, e EB do CPS com FS para pirarucus da classe II, mostra que não houve diferença ($P > 0,05$) no CDA MS e EB. Por outro lado, a proteína do CPS foi melhor aproveitada (99,22 %) pelos animais da classe II ($P < 0,05$). Diante disso, o estudo evidenciou que pirarucus das classes de peso I e II apresentaram elevada utilização da proteína do CPS, sendo um bom indicativo para a inclusão deste ingrediente em rações específicas para juvenis de pirarucu, viabilizando formulações eficientes e de menor poder poluente, que possa proporcionar o bem-estar da espécie e a sustentabilidade da sua criação.

Palavras-chave: Digestão. Espécies amazônicas. Nutrição de peixe. Fontes proteicas vegetais.

ABSTRACT

Pirarucu (*Arapaima gigas*) is a carnivorous fish native from Amazon basin, has favorable characteristics for breeding in captivity, such as: fast growth, reaching up to 12 kg in the first year of creation; has air-breathing, resistant to low levels of dissolved oxygen in water; can be trained to receive commercial rations; it has a high yield of fillet, which has a high market value. However, it is a species with high protein demand, and the main sources used in the formulation of complete rations are of animal origin, mainly fish meal, a finite input and of high commercial value. Therefore, it is essential to seek alternative protein sources to this input, such as Soy Protein Concentrate (SPC), which has a high protein content and low concentration of antinutritional factors due to its processing. There are several evaluations made with soybean meal, but little is known about the nutritional quality of SPC for a carnivore such as pirarucu. Thus, this study aimed to determine the Apparent Digestibility Coefficients (ADCs) of Dry Matter (DM), Crude Protein (CP), and Gross Energy (GE) of SPC for two weight classes of arapaima (I and II) and compare with the ACD of soybean meal (SM) for class II fish. ADCs were determined by the indirect method, using chromium oxide as an inert marker. Eighteen fish per box for class I (217.68 ± 5.51) and 6 fish per box for class II (624.16 ± 2.75) were used. There were significant differences between the two classes in the ACD of DM and GE of SPC, whose achievement was lower for individuals in class I ($68.87\% \pm 0.67$; $72.05\% \pm 5.86$, respectively). No difference was observed for the ACD of the CP of the SPC ($P > 0.05$) between the weight classes. The comparison made between ADCs of DM, CP, and GE of SPC with FS for pirarucus of class II, shows that there was no difference ($P > 0.05$) in ADC DM and GE. On the other hand, the SPC protein was better utilized (99.22%) by class II animals ($P < 0.05$). Therefore, the study showed that pirarucu of weight classes I and II showed high use of CPS protein, which is a good indication for the inclusion of this ingredient in specific diets for juvenile pirarucu, enabling efficient formulations with less polluting power, which can provide the well-being of the species and the sustainability of its creation.

Keywords: Digestion. Amazon species. Fish nutrition. Vegetable protein sources.

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	8
1 INTRODUÇÃO GERAL	9
2 OBJETIVOS	10
2.1 Objetivo geral:	10
2.2 Objetivos específicos:	10
3 REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1 Pirarucu: características gerais da espécie	11
3.1.2 Características da alimentação e exigência nutricional	13
4.2 Uso da soja como fonte proteica vegetal	15
3.3 Métodos para determinar digestibilidade em peixes	21
REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO I	25
CAPÍTULO II	33
Artigo	33
Resumo	34
1. Introdução	34
2. Material e métodos	35
3. Resultados e discussão	37
4. Conclusão	39
Referências	40
ANEXO I	45

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES GERAIS

1 INTRODUÇÃO GERAL

Para aumentar a eficiência produtiva na piscicultura e reduzir riscos econômicos, é importante estudar a qualidade nutricional de novos ingredientes, alternativos aos convencionais, que possam compor as formulações de dietas completas, de alta digestibilidade e, conseqüentemente, menor poder poluente. Esses ingredientes alternativos são muito necessários, sobretudo para produção de dietas que proporcionem melhor desenvolvimento de peixes carnívoros, como o pirarucu.

O pirarucu (*Arapaima gigas*), é um peixe carnívoro com grande potencial para a aquicultura. Possui rápido crescimento, com capacidade de atingir mais de 10 kg no primeiro ano de criação, além de apresentar quase 60% de rendimento de carcaça (IMBIRIBA, 2001). Contudo, por ter hábito alimentar carnívoro, demanda dietas com elevados teores de proteína, sobretudo de origem animal como a farinha de peixe, insumo de elevado valor comercial, em parte por limitações de oferta no mercado (ITUASSÚ et al., 2005; DEL RISCO et al., 2008; CASTILLO, 2012), o que reflete nos elevados preços das rações para carnívoros e instiga a busca por fontes proteicas alternativas, como os ingredientes proteicos de origem vegetal.

A soja (*Glycine max*) é a fonte proteica vegetal mais utilizada na alimentação animal. Apresenta ampla disponibilidade no mercado mundial, perfil de aminoácidos essenciais semelhante ao de alimentos de origem animal, sendo deficiente em metionina o que normalmente pode ser corrigido com suplementação desses aminoácidos na dieta. Existem diversos co-produtos da soja que podem ser utilizados na alimentação animal, como os farelos (44 ou 48%PB), óleos, lecitina, concentrados ou isolados proteicos. Dentre esses coprodutos, os farelos de soja têm sido amplamente utilizados devido ao preço acessível, oferta abundante no mercado nacional, e conseqüente possibilidade de redução dos custos de produção (GATLIN et al., 2007; HERNÁNDEZ et al., 2007; PASTORE et al., 2013).

Contudo, a inclusão desta fonte nas dietas para peixes é limitada devido a presença de fatores antinutricionais que, em níveis elevados, diminuem a digestibilidade do alimento e prejudicam os processos digestivos, podendo ocasionar em baixo crescimento do peixe (FRANCIS et al., 2001; STECH & DE CARVALHO, 2010). Os nutrientes que não são aproveitados pelo organismo são excretados no ambiente, representando um risco

econômico e ambiental que, por consequência, podem comprometer a saúde animal (CYRINO et al., 2010).

O Concentrado Proteico de Soja (CPS) é um produto obtido pelo processamento do farelo de soja (lavagem alcoólica), que inativa e/ou extrai, total ou parcialmente, os fatores antinutricionais presentes no farelo, como os inibidores de protease, lectinas, compostos fenólicos, saponinas, oligossacarídeos e fitatos. Assim o concentrado proteico torna-se uma alternativa interessante para o uso na alimentação de peixes, sobretudo as espécies carnívoras, mais sensíveis aos efeitos destes fatores, viabilizando a inclusão de ingredientes vegetais como fonte de proteína nas dietas desses animais (CARTER & SAJJADI, 2011; BOWYER et al., 2013; LI et al., 2015). No entanto, considerando que as respostas aos antinutrientes são espécie-específicas, é importante avaliar as respostas do pirarucu à inclusão desse ingrediente.

A disponibilidade dos nutrientes e energia de ingredientes e dietas para a alimentação de peixes pode ser mensurada por meio de estudos de digestibilidade, importantes para dar suporte à formulação de dietas completas e eficientes, que melhor atendam às exigências nutricionais dos peixes, evitando assim sobrecarga fisiológica e ambiental (FRACALOSSO, 2013; GUIMARÃES et al., 2009).

Nesse sentido, para formular dietas à base de CPS, adequadas para o pirarucu, é fundamental conhecer a digestibilidade deste ingrediente, ainda escassa na literatura. Esses conhecimentos permitirão a produção de rações mais eficientes, reduzindo o impacto ambiental gerado pela excreção, e otimizando os custos com a alimentação desse animal.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

Subsidiar a formulação de dietas ambientalmente seguras e nutricionalmente completas para pirarucus em fase de recria.

2.2 Objetivos específicos:

1. Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta do concentrado proteico de soja (CPS) para pirarucus de duas classes de peso;

2. Avaliar o efeito das classes de peso sobre a digestibilidade do CPS;
3. Determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta do farelo de soja (FS) para pirarucus da classe de peso II.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Pirarucu: características gerais da espécie

O pirarucu (*Arapaima gigas*, Figura 1) é uma espécie nativa da Amazonia que tem se destacado na aquicultura da Região Norte, região que produziu 1.679.145 kg em 2019 (IBGE, 2020). É considerado uma importante fonte de alimento na região amazônica e possui carne bastante apreciada na culinária local, popularmente conhecido como “bacalhau da Amazônia” (De Lira et al., 2020).

Figura 1 - Exemplar de alevino de *Arapaima gigas*.



Fonte: Arquivo pessoal.

O *Arapaima gigas*, pertence a ordem Osteoglossiformes e a família Osteoglossidae, é um dos maiores peixes de água doce do mundo, por isso é conhecido como “gigante da Amazônia”, encontra-se distribuído nas bacias hidrográficas dos rios Amazonas, Araguaia e Tocantins, nos países da América Latina como Equador, Peru, Colômbia e Guianas. Seu habitat são águas pretas e tranquilas, não sendo encontrado em zonas de forte correnteza e sedimentos (BARD & IMBIRIBA, 1986).

A espécie possui cabeça pequena (10% do peso corporal), corpo alongado e cilíndrico, com nadadeiras anal e dorsal niveladas e próximas da caudal, já as nadadeiras peitorais encontram-se distantes das ventrais. É revestido por escamas grandes e em formato oval, sendo de coloração escura na fase juvenil e, à medida que cresce, adquire

coloração diferente variando entre verde e negro (BARD & IMBIRIBA, 1986; CARVAJAL-VALLEJOS et al. 2011).

Pode atingir até 2,5 m de comprimento total, 250 kg de peso, possui alto rendimento de filé e tem alta demanda de mercado pela excelente qualidade da carne caracterizada pela ausência de espinhos intermusculares e baixo teor de gordura (CRUZ-GUIMARÃES et al., 2010). Apresenta características favoráveis para a criação em cativeiro, como rápido crescimento, podendo atingir a média de 12 kg no primeiro ano de criação; é resistente a baixas concentrações de oxigênio dissolvido na água e pode ser treinado para aceitar rações comerciais (PEREIRA-FILHO et al., 2003; ONO; HALVERSON; KUBITZA, 2004; CRESCÊNCIO et al., 2005). É considerado um animal rústico e resistente ao manejo, podendo suportar várias horas fora da água, desde que suas escamas permaneçam umedecidas (IMBIRIBA, 2001).

De hábito alimentar carnívoro, na fase jovem tem preferência por invertebrados aquáticos e, posteriormente, se alimenta predominantemente de outros peixes (OLIVEIRA et al., 2005; WATSON et al., 2013). Apesar de piscívoro, quando em cativeiro, se adapta bem ao alimento artificial, e apresentam rápida modulação enzimática de acordo com o tipo de alimento que recebem, mesmo em peixes jovens (CRESCÊNCIO, 2001; ALCÁNTARA & MONTREUIL, 2003; SOTO et al., 2015).

Pirarucus utilizados como reprodutores podem apresentar peso acima de 40 kg, e sua época reprodutiva acontece durante o período chuvoso (dezembro a junho). Os indivíduos estão aptos à reprodução geralmente entre dois a cinco anos de idade e realizam várias desovas durante o período reprodutivo. Apresentam aspectos comportamentais bem característicos, como a formação de casais monogâmicos, coloração modificada, principalmente nos machos que desenvolvem coloração escura na parte superior da cabeça e dorsal. O macho delimita a área de desova e defende o espaço contra predadores, realiza o cortejo emitindo sons e, junto com a fêmea, constrói um ninho para deposição dos ovos (BARD & IMBIRIBA, 1986; CARVAJAL-VALLEJOS et al., 2011). Geralmente o cuidado das crias é feito somente pelo macho que exala uma substância que mantém os filhotes por perto, e em situação de ameaça os pais abrem os opérculos e as crias entram, dentro do mesmo, para se protegerem (CARVAJAL-VALLEJOS et al., 2011).

Em ambiente de criação, a espécie apresenta 100 % de sobrevivência e alimentação inalterada quando exposto a aproximadamente 2,0 mg / L de amônia não-

ionizada, com pH e temperatura constantes (CAVERO et al., 2004), bem como não apresentou aumento dos níveis de cortisol quando submetido a 20 mg de amônia total / L (BRANDÃO; GOMES; CHAGAS, 2006), aspectos interessantes para a criação em sistema intensivo.

Possui melhor desempenho zootécnico na faixa de temperatura de 28 a 31 °C. E concentrações elevadas de CO₂ na água dificultam a excreção desse gás pelas brânquias, além disso, o excesso desse gás acidifica o sangue e limita o transporte de oxigênio, sendo recomendável que a concentração máxima de CO₂ na água seja de 20 mg/L (ONO & KEHDI, 2013).

Quanto aos níveis de pH, esse animal é tolerante a uma ampla faixa, contudo o ideal é que a oscilação deste indicador seja mínima no viveiro ao decorrer do dia. Já com relação ao oxigênio dissolvido, a baixa disponibilidade desse gás não é um fator limitante na criação desse animal. Por apresentar respiração aérea obrigatória, devido sua bexiga natatória modificada, suporta densidades de estocagem elevadas, possibilitando maior produção por área de cultivo, porém, para a manutenção da dinâmica biológica do viveiro, é importante manter o oxigênio dissolvido na água em níveis acima de 4 mg/L (CAVERO et al., 2003a; CRESCÊNCIO et al., 2005; LIMA et al., 2017).

É evidente o desenvolvimento de pesquisas sobre a espécie ao longo dos anos, principalmente relacionadas a reprodução (MONTEIRO et al., 2010; NÚÑEZ et al., 2011; REBELATTO JÚNIOR et al., 2015), ecologia (LIMA & BATISTA, 2012; ARANTES & CASTELLO, 2013), e aspectos fisiológicos ligados ao manejo em sistema de criação (GOMES, 2007; BRANDÃO et al., 2008; DRUMOND et al., 2010). Apesar disso, ainda existem lacunas que precisam ser esclarecidas para o desenvolvimento de um pacote tecnológico para essa espécie, especialmente relacionado a nutrição do pirarucu, uma vez que sua elevada exigência proteica impõe um elevado custo de produção (MOREIRA et al., 2013; CAVERO et al., 2019).

3.1.2 Características da alimentação e exigência nutricional

O pirarucu possui língua óssea, duas placas ósseas laterais e uma palatina que auxiliam na retenção das presas. Captura seu alimento realizando um forte movimento de sucção com a boca onde toda água sugada é expelida pelas aberturas operculares, provocando ruídos na água (BARD & IMBIRIBA, 1986; NEVES, 2000). Em geral, seu trato digestivo é semelhante ao de outros peixes carnívoros, apresenta esôfago curto, reto

e tubo muscular com pregas longitudinais profundas; possui estômago em formato da letra jota (J), bastante distensível e musculoso; apresenta dois cecos pilóricos de tamanhos distintos e seu intestino é relativamente curto (RODRIGUES & CARGNIN-FERREIRA, 2017).

Estudos que avaliam a nutrição do pirarucu em ambiente de criação ainda são escassos, contudo, o crescente interesse na espécie tem estimulado pesquisas sobre aspectos nutricionais, sobretudo ligados a exigência proteica e ao uso de novas fontes deste nutriente nas dietas (CYRINO et al., 2010; SOUZA et al., 2015; SOTO et al., 2015; ITUASSÚ, 2005; MAGALHÃES JÚNIOR et al., 2017).

Em ambiente natural a espécie se alimenta preferencialmente de outros peixes menores, moluscos e crustáceos e, por ser carnívoro, encontra-se no nível mais elevado da cadeia alimentar (NEVES, 2000; IMBIRIBA, 2001). Em cativeiro, quando os alevinos atingem sete cm de comprimento, inicia-se o processo de transição para a dieta artificial através do treinamento alimentar, que consiste na substituição gradual do zooplâncton pela ração, com conteúdo proteico em torno de 45-50%, processo que pode levar em torno de 20 dias, sendo que ao final deste período os animais (> 10 cm) já estão prontos para comercialização (CAVERO et al., 2003b; LIMA et al., 2017; LIMA et al., 2018).

A recria compreende pirarucus de 10 a 1.000 g, quando sua exigência proteica varia de 40-45% (LIMA et al., 2018). E de acordo com Ituassú et al. (2005), 48,6% de proteína bruta em dietas peletizadas para juvenis de pirarucu, com peso médio de $120,6 \pm 3,5$ g, está relacionado ao melhor desempenho apresentado pela espécie. Para proporcionar a melhor resposta fisiológica do animal, Castillo (2012) indica valor mínimo de 44,9% de proteína bruta na dieta dessa espécie. Del Risco et al. (2008) concluíram que 40% de proteína bruta é um nível adequado para alimentação de juvenis de pirarucu. E de acordo com Magalhães Júnior et al. (2017) o nível ótimo de proteína digestível nas dietas para juvenis de pirarucu ($1,98 \pm 0,50$ kg) foi estimado em 36%.

A engorda compreende peixes de 1,0 a 12 kg, as rações utilizadas na alimentação desse animal devem conter níveis proteicos de, no mínimo, 40%, nível indicado para peixes carnívoros (REBELATTO JÚNIOR et al., 2015; LIMA et al., 2017). Rações com teores proteicos abaixo do indicado podem interferir no crescimento e na saúde do pirarucu, aumentando o tempo de criação e os custos com a produção desse animal (LIMA et al., 2017).

A energia da dieta, proveniente da adição de carboidratos e lipídios, causa o efeito poupador de proteína, que é destinada à deposição de musculatura. Nesse sentido é importante manter uma relação adequada de energia:proteína nas dietas, de modo a suprir as necessidades energéticas e proteicas necessárias para o desenvolvimento da espécie sem afetar a ingestão de ração (NRC, 2011; PORTZ & FURUYA, 2012; BOOTH et al., 2013).

Ono et al. (2008) determinaram os coeficientes de digestibilidade de nutrientes e energia bruta de diferentes relações de energia:proteína para juvenis de pirarucu e chegaram à conclusão de que essa relação afeta a digestibilidade dos nutrientes, e as dietas contendo a relação 10,1 kcal/g e 11 kcal/g apresentaram os maiores valores para digestibilidades da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta.

3.2 Uso da soja como fonte proteica vegetal

A farinha de peixe é uma importante fonte de proteína animal, muito utilizada nas rações para organismos aquícolas, principalmente por conter excelente perfil de aminoácidos e ácidos graxos essenciais. Contudo, é um dos ingredientes mais onerosos devido à crescente demanda e a baixa disponibilidade de mercado, em parte causada pela sobrepesca das espécies marinhas forrageiras usadas na sua produção (HARDY, 2010; FABREGAT et al., 2011; DANIEL, 2018).

De acordo com Hardy (2010), em breve a farinha de peixe não será mais a principal fonte de proteína em alimentos para espécies carnívoras, e sim um ingrediente que pode ser usado para melhorar a palatabilidade e equilibrar os níveis de aminoácidos da dieta, principalmente por conter nutrientes essenciais e compostos biologicamente ativos.

Segundo Naylor et al. (2021), a indústria de alimentos para aquícolas tem se tornado cada vez mais dependente de ingredientes amplamente utilizados em rações para animais criados em sistemas terrestres. Grãos e sementes oleaginosas são alimentos base usados na nutrição de monogástricos, porém os peixes carnívoros apresentam dificuldade na digestão do amido, dos carboidratos e fibras presentes nesses ingredientes, além disso são mais sensíveis aos fatores antinutricionais e toxinas presentes em ingredientes proteicos vegetais (NAYLOR et al., 2021).

Ingredientes vegetais têm sido bastante empregados em rações para peixes, principalmente como fontes de proteína, por serem considerados alternativas abundantes e de menor custo quando comparadas a farinha de peixe (ESPE et al., 2012). Porém, de

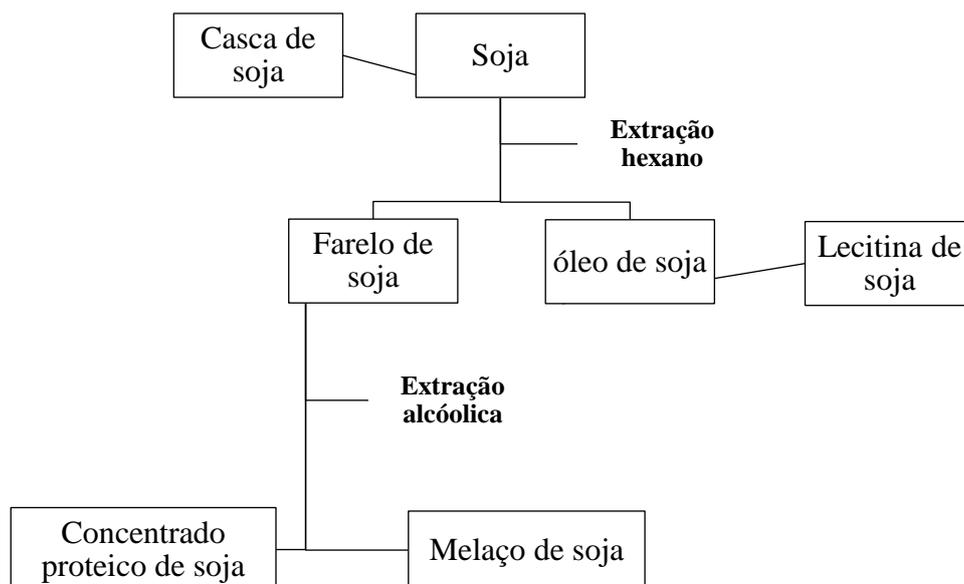
modo geral, fontes vegetais apresentam baixa concentração de nutrientes, presença de fatores antinutricionais, alta concentração de carboidratos, baixa palatabilidade e deficiência em alguns aminoácidos (FRANCIS et al., 2001; CYRINO et al., 2010).

A soja, *Glycine max* Linnaeus, é o principal grão oleaginoso produzido mundialmente. É de fácil adaptação ao cultivo, tem alta produtividade, é constituída de proteína de alta qualidade e apresenta elevado nível energético (BELLAVÉR & SNIZEK JR, 1999). A maior parte da soja produzida é utilizada para a extração de óleo, sendo seu subproduto processado e utilizado na alimentação animal e humana, além de gerar outros produtos industriais (CSÁKI & FEKETE, 2004). Dentre o conjunto de produtos provenientes da extração do óleo, como o farelo de soja (FS), o concentrado proteico de soja (CPS), e o isolado proteico de soja (IPS), o FS tem sido o coproduto mais utilizado na alimentação animal (GATLIN III et al., 2007).

O farelo de soja tem se destacado como alternativa a substituição da farinha de peixe por conter elevado teor de proteína bruta, baixo custo, alta disponibilidade e equilíbrio em aminoácidos essenciais (NRC, 2011). Tem sido amplamente utilizado na alimentação de peixes onívoros (El-SAIDY & GABER, 2002; AHMAD et al., 2020) e carnívoros (KAUSHIK et al., 1995; REFSTIE et al., 2005; CERDEIRA et al., 2018), sobretudo como forma de substituir a farinha de peixe nas dietas (ZHOU et al., 2005; FABREGAT et al., 2011). No entanto, apresenta fatores antinutricionais, que podem estar relacionados a diminuição da digestibilidade e na absorção de nutrientes para diversas espécies (REFSTIE et al., 2005; VIKAS et al., 2012).

O concentrado proteico de soja, é um ingrediente com elevado conteúdo proteico obtido pela extração alcóolica do farelo de soja (Figura 2), que remove e/ou inativa os fatores antinutricionais presentes nesse ingrediente (STOREBAKKEN et al., 2000; DERSJANT-LI, 2002). Como consequência, a digestibilidade de nutrientes do CPS é maior em comparação ao FS (KAUSHIK et al., 1995; BOOTH & PIROZZI, 2021). Por isso o CPS tem sido usado com sucesso na substituição parcial da farinha de peixe em dietas para espécies carnívoras (DAY & GONZALEZ, 2000; STOREBAKKEN et al., 2000; COLBURN et al., 2012; MOHD FAUDZI et al., 2018).

Figura 2 - Fluxograma de produção do concentrado proteico de soja.



Fonte: Adaptado da empresa produtora do CPS, CJ Selecta, disponível em www.cjselecta.com.br.

Coprodutos da soja são considerados alimentos nutritivos e econômicos, com alto teor de proteína e equilíbrio razoável em aminoácidos quando comparados com a farinha de peixe (Tabela 1). Contudo, apesar de conter características interessantes para uso na alimentação de peixes, possui oligossacarídeos indigestíveis que reduzem a absorção de nutrientes, interferindo no desempenho, bem como também podem estar relacionados à indução de enterite (Gatlin III et al., 2007).

Tabela 1 - Composição centesimal e aminoácidos disponíveis na farinha de peixe -FM, farelo de soja - FS, e concentrado proteico de soja - CPS.

Ingredientes			
%	Farinha de peixe*	Farelo de soja*	Concentrado proteico de soja**
Matéria seca	87,58	88,52	91,3
Proteína bruta	63,38	46,18	60,6
Lipídios	9,59	1,14	1,00
Cinzas	14,6	6,32	6,8
Energia bruta (kJ g ⁻¹)	18,41	17,31	20,1
Aminoácidos (g Kg ⁻¹)			
Arg	4,53	2,90	3,60
His	1,28	1,00	1,30
Ile	2,60	1,80	2,90

Leu	4,70	3,10	5,00
Lys	4,70	2,48	5,00
Met	1,61	0,26	2,00
Phe	2,48	2,06	2,90
Thr	2,76	1,58	3,00
Val	2,95	1,84	3,60

Fonte: Elaborado pelo autor baseado em: *Mo et al. (2019), e **Simon et al. (2019).

A soja tem fatores antinutricionais, que são definidos como substâncias que limitam a utilização de alimentos e conseqüentemente afetam a saúde e produção animal, tais como lectinas, isoflavonas, oligossacarídeos, saponinas e inibidores de proteases (FRANCIS et al., 2001; CSÁKI & FEKETE, 2004; GATLIN III, 2007; STECH & DE CARVALHO, 2010). Esses fatores podem ser divididos em 4 grandes grupos: (a) antinutrientes que impactam a digestão e utilização de proteínas, como os inibidores de proteases, taninos e lectinas; (b) fatores que afetam a utilização de minerais, como fitatos e pigmento de gossipol; (c) antivitaminas; (d) substâncias diversas, como saponinas, micotoxinas e nitrato (FRANCIS et al., 2001).

Os antinutrientes da soja que mais comumente estão relacionados a efeitos negativos em peixes são:

1. **Inibidores de protease:** As sementes de leguminosas possuem uma ou mais proteases que agem inibindo enzimas proteolíticas no trato digestivo de pragas que causam predação da planta no campo, ou seja, é um mecanismo de defesa natural. Mesmo com a evolução e seleção genética, esses inibidores de proteases vegetais podem permanecer nas plantas, e estão associados a inibição de proteases no trato gastrointestinal de monogástricos (GATLIN III et al., 2007). Esses inibidores de proteases agem formando um complexo estequiométrico com tripsina, quimotripsina, elastases e carboxipeptidases, além disso podem atuar inibindo somente um tipo enzima, bem como duas ou mais moléculas de enzimas simultaneamente (KROGDAHL et al., 2010).

Na soja existem dois grupos de inibidores presentes: inibidor de tripsina Kunitz (KTI) - inibidor sensível ao calor e ácido, age complexando somente a molécula de tripsina, ou de quimotripsina, porém de forma menos estável; Bowman-Birk (BBI) - pode complexar uma molécula de tripsina e outra de quimotripsina de forma simultânea (FRANCIS et al., 2001).

2. **Fitato:** É a forma de armazenamento de P ligado ao Inositol em oleaginosas, possui seis grupos de fosfato que podem quelar fortemente com cátions, tais como cálcio, magnésio, zinco, cobre, ferro e potássio para formar sais insolúveis. Como consequência, afeta a absorção e digestão desses minerais em peixes. Também agem formando complexos com proteínas, tornando-as indisponíveis (FRANCIS et al., 2001; KUMAR et al., 2012).
3. **Lectinas:** Também são conhecidas como hemaglutininas devido sua capacidade de aglutinar glóbulos vermelhos. São proteínas de ligação com carboidratos, e são responsáveis por diversos efeitos fisiológicos, como quando se ligam avidamente com glicoproteínas intestinais na superfície epitelial e interfere na absorção de nutrientes. Bem como, dependendo da célula intestinal afetada, podem interferir na regulação do transporte, a liberação de hormônios, proliferação de diversas células da mucosa e metabolismo de nutrientes (GATLIN III et al., 2007; KROGDAHL et al., 2010).
4. **Saponinas:** São esteroides ou glicosídeos amplamente encontrados em mais de 100 famílias de plantas. São de natureza anfipática, e quando adicionadas à água são altamente tóxicas para os peixes. As saponinas formam micelas e podem intercalar em membranas contendo colesterol, formando orifícios, aumentam a permeabilidade das células da mucosa intestinal, inibindo o transporte ativo da mucosa e facilitando a absorção de substâncias que normalmente não são absorvidas. Como consequência, causa redução da produção de sais biliares, logo interfere a digestão de lipídios, promove processo inflamatório do intestino, e indução de enterite. Porém seus efeitos geralmente são intensificados quando ocorrem associados a outros fatores antinutricionais (FRANCIS et al., 2001; KROGDAHL et al., 2010).

Apesar dos efeitos deletérios dos antinutrientes presentes na soja, os efeitos da utilização de coprodutos da soja na alimentação de peixes são espécie-específica, como podem ser observados na Tabela 2.

Produto da soja	Espécie utilizada	Nível de substituição	Efeitos	Referência
CPS	<i>Pagrus major</i>	60 - 100%	Não houve diferença no peso médio final, taxa de crescimento específico, taxa de ingestão diária, eficiência alimentar, eficiência de retenção de proteína, lipídio e energia até 70% de substituição; a substituição de 80% e 100% reduziu o peso médio final, eficiência alimentar, e eficiência de retenção de lipídios; houve redução do colesterol total com aumento dos níveis de inclusão do CPS.	Biswas et al., 2019
FS	<i>Prochilodus lineatus</i>	0 - 100%	A substituição total piorou o ganho de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica, aumentou gordura na carcaça e reduziu percentual de proteína, e houve aumento do índice hepatossomático.	Fabregat et al., 2011
CPS	<i>Paralichthys olivaceus</i>	0 - 100%	A taxa de crescimento específico e o consumo diminuíram com o aumento do CPS na dieta; os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e lipídios diminuíram com o aumento do CPS da dieta.	Deng et al., 2006
CPS	<i>Platichthys stellatus</i>	0 - 100%	O ganho de peso foi menor nas dietas contendo 80% e 100% de CPS na dieta; a substituição total diminuiu o conteúdo de proteína e gordura dos peixes; as atividades de lisozima sérica e superóxido dismutase diminuíram em peixes alimentados a partir de 60% de substituição; os níveis de colesterol total diminuíram com o aumento de inclusão do CPS na dieta.	Li et al., 2015
FS	<i>Rachycentron canadum</i>	0 - 60%	Os animais alimentados com 50% e 60% de inclusão do CPS apresentaram os piores ganhos de peso, conversão alimentar e taxa de eficiência proteica; houve aumento do teor de lipídios no fígado com o aumento da inclusão do CPS.	Zhou et al., 2005
FS	<i>Arapaima gigas</i>	0 - 60%	O ganho de peso e as taxas de crescimento específico diminuíram a medida que aumentaram os níveis de inclusão do FS; houve aumento elevado do volume corpuscular médio nos animais alimentados com maior nível de substituição indicando um provável quadro de anemia.	Cerdeira et al., 2018

Tabela 2 - Efeitos causados pela substituição da farinha de peixe por farelo de soja (FS) ou concentrado proteico de soja (CPS) em diversas espécies.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Monteiro et al. (2004) destacam que o tratamento térmico tem sido utilizado para melhorar o valor nutricional da soja, de modo a inativar os inibidores de proteases, mas este tratamento deve ser controlado para evitar a desnaturação de proteínas e a destruição de aminoácidos, podendo levar a diminuição da biodisponibilidade de outros nutrientes. Apesar do processamento reduzir o conteúdo de compostos antinutricionais no ingrediente, no processo de extração alcoólica utilizado na fabricação do CPS, boa parte dos carboidratos (polissacarídeos não amiláceos) são extraídos, mas os inibidores de protease tornam-se mais concentrados neste ingrediente em função de sua natureza proteica (REGITANO-D'ARCE, 2006).

O efeito dos fatores antinutricionais no organismo é dependente da sua concentração no alimento, do tempo de exposição do organismo e da sensibilidade da espécie que é submetida a eles através da alimentação. Em geral, espécies carnívoras e indivíduos nos primeiros estádios do desenvolvimento são mais sensíveis. Carnívoros têm o trato gastrointestinal relativamente curto e não adaptado ao consumo de alimentos vegetais. Usualmente, sofrem redução na taxa de crescimento e desenvolvem lesões na mucosa intestinal, semelhantes às causadas pela enterite em humanos. No entanto, são efeitos reversíveis e que se expressam em diferentes graus nas diferentes espécies (FRANCIS et al., 2001; OSTASZEWSKA et al., 2005; URÁN et al., 2008).

Relatos demonstram que, para algumas espécies de peixes, a suplementação com aminoácidos (metionina, lisina e taurina) podem diminuir os efeitos deletérios causados pelos fatores antinutricionais da soja (AI & XIE, 2005; GATLIN III et al., 2007; NRC, 2011; SALZE et al., 2010; BAÑUELOS-VARGAS et al., 2014), o que pode viabilizar a utilização desse ingrediente nas dietas para peixes.

3.3 Métodos para determinar digestibilidade em peixes

Para atender as exigências nutricionais de uma determinada espécie e assim otimizar a alimentação, é necessário o conhecimento sobre o nível de aproveitamento dos ingredientes, para isso a determinação do coeficiente de digestibilidade dos alimentos que compõem a dieta é importante no aspecto econômico, ambiental e nutricional para o balanceamento de dietas adequadas para os organismos aquáticos (ABIMORAD & CARNEIRO, 2004). Contudo, esse tipo de determinação apresenta dificuldades, visto que o animal encontra-se na água, o que dificulta a coleta precisa de fezes devido a ocorrência de lixiviação dos nutrientes, materiais de origem endógena e metabólica nas fezes, por

isso a denominação mais adequada é de Coeficiente de Digestibilidade Aparente (CDA) (ALBINATI et al., 2000).

Diversos métodos para coleta de fezes têm sido utilizados, no entanto os mais usuais são dissecação do intestino, remoção da porção final do intestino, e coleta das fezes na água. Os métodos utilizados possuem vantagens e desvantagens relacionadas à contaminação por compostos endógenos, respostas dos peixes ao manejo, lixiviação de nutrientes, e sacrifício de animais (KITAGIMA; FRACALOSSI, 2010).

Os métodos para coleta em ensaios de digestibilidade podem ser classificados de duas formas: direto e indireto. Sendo o direto, o método que realiza coleta total das fezes correspondentes a uma ou mais refeições. Já o método indireto consiste no uso de marcador inerte, sendo o mais usual o óxido de cromo, que é incorporado e analisado tanto no alimento fornecido quanto nas fezes coletadas (DE LA NOÛE & CHOUBERT, 1986; KITAGIMA & FRACALOSSI, 2010).

O método direto apresenta diversos problemas, na grande maioria relacionada aos erros envolvidos na precisão da coleta de dados sobre a ingestão de alimento e as fezes produzidas. Assim sendo, a avaliação da digestibilidade pelo método indireto é a alternativa mais eficaz para organismos aquáticos (GLENCROSS et al., 2007). O CDA do método direto é calculado pelo balanço da quantidade de energia/nutriente ingerido e a quantidade de energia/nutriente liberada nas fezes, utiliza-se a seguinte equação:

$$CDA (\%) = \frac{(I - F)}{I} \times 100$$

Sendo:

CDA(%): Coeficiente de Digestibilidade Aparente

I: quantidade de nutriente/energia que foi ingerida

F: quantidade de nutriente/energia liberada nas fezes

De acordo com Fracalossi et al. (2013) a coleta de fezes feita pelo método indireto pode ser realizada diretamente no peixe através da dissecação do intestino, sucção anal ou expulsão das fezes por pressão abdominal, métodos esses que podem gerar estresse, sacrifício do animal e subestimação dos valores de digestibilidade devido a possibilidade do material fecal ser removido antes da sua completa digestão. Outra forma de realizar o método indireto é através da coleta por sedimentação das fezes na água. Contudo, o método de sedimentação pode resultar em estimativas de digestibilidade inferiores devido a contaminação de fezes com partículas de ração regurgitadas, resultando em menor

digestibilidade relativa, visto que partículas de alimentação têm menor concentração de óxido de cromo, o que acaba contribuindo para uma subestimação da digestibilidade de nutrientes (RAMSAY et al., 2000). O CDA do método indireto pode ser calculado através das equações 1 e 2 (Sugiura et al., 1998; Pezzato et al, 2002):

$$(1) \text{CDA}_{\text{dieta}} = 100 - (100 \times (\% \text{Cr}_2\text{O}_3\text{D} / \% \text{Cr}_2\text{O}_3\text{F}) \times (\text{NF} / \text{ND}))$$

$$(2) \text{CDA}_{\text{nutriente}} = \text{CDA}_{\text{DT}} + (\text{CDA}_{\text{DT}} - \text{CDA}_{\text{DR}}) \times ((0,7 \times \text{N}_{\text{DR}}) / (0,3 \times \text{N}_i))$$

Onde:

$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ D}$ = percentagem de óxido de cromo na dieta

$\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ F}$ = percentagem de óxido de cromo nas fezes;

NF = percentagem de nutriente nas fezes

ND = percentagem de nutriente na dieta

CDA_{DT} = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta teste

CDA_{DR} = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta referência

N_{DR} = percentagem de nutriente na dieta referência

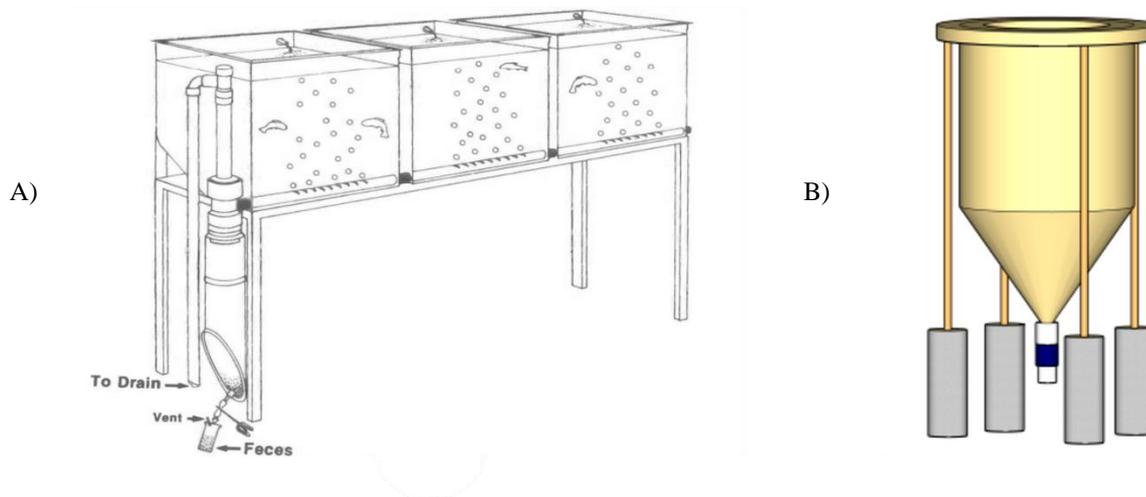
N_i = percentagem de nutriente no ingrediente

Os métodos mais usuais para coletas de fezes por sedimentação são o sistema Guelph e o sistema Guelph adaptado (Figura 3). O sistema Guelph, criado por Cho e Slinger em 1975, é feito para determinar digestibilidade através da coleta de material fecal em uma coluna de sedimentação. Utilizam-se tanques ou aquários equipados com cano de escoamento comum, e um único tubo vertical colocado sobre um decantador de acrílico, que pode ser refrigerado para minimizar a degradação e lixiviação do material coletado. Esse tipo de sistema possibilita que o animal se alimente normalmente, permite a avaliação de índices zootécnicos ao mesmo tempo em que ocorre o experimento de digestibilidade aparente, e não há necessidade de se manusear o animal (CHO & WATANNABE, 1985).

No sistema Guelph adaptado utiliza-se tanques cilíndricos que facilitam a rapidez de sedimentação das fezes, sendo coletadas em recipiente acoplado no fundo do tanque, geralmente esse recipiente é imerso em gelo para evitar a ação da atividade microbiana e lixiviação dos nutrientes. Esse tipo de metodologia vem sendo amplamente utilizada nos

ensaios de digestibilidade no Brasil (ABIMORAD & CARNEIRO, 2004; KITAGIMA & FRACALOSSI, 2010; FURUYA et al., 2018).

Figura 3 - Esquema dos aquários utilizados no sistema Guelph para coleta de fezes por sedimentação (A), e ilustração do tanque cilíndrico usado em sistema Guelph adaptado (B).



Fonte: A - Cho e Watannabe (1985), e B - elaborado pelo autor.

Poucos estudos sobre digestibilidade de dietas e ingredientes na nutrição do pirarucu foram realizados, sobretudo sobre a seleção de ingredientes proteicos na dieta desse animal (OEDA-RODRIGUES et al., 2019), digestibilidade de ingredientes energéticos (DOS SANTOS-CIPRIANO et al., 2015), digestibilidade de proteínas vegetais e animais (CIPRIANO et al., 2016), e dietas com diferentes relações energia:proteína (ONO et al., 2008). Contudo nenhum trabalho foi realizado sobre a digestibilidade do concentrado proteico de soja para juvenis de pirarucu.

REFERÊNCIAS DO CAPÍTULO I

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis. 17th. ed. Gaithersburg: AOAC, 2000.

ABIMORAD, Eduardo Gianini; CARNEIRO, Dalton José. Fecal collection methods and determination of crude protein and of gross energy digestibility coefficients of feedstuffs for pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 5, p. 1101-1109, 2004.

AI, Qinghui; XIE, Xiaojun. Effects of replacement of fish meal by soybean meal and supplementation of methionine in fish meal/soybean meal-based diets on growth performance of the southern catfish *silurus meridionalis*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, n. 4, p. 498-507, 2005.

AHMAD, Naveed et al. Effects of partial substitution of fishmeal by soybean meal in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet. **JAPS, Journal of Animal and Plant Sciences**, v. 30, n. 2, p. 364-370, 2020.

ALBINATI, Ricardo Castelo Branco et al. Digestibilidade aparente de dois alimentos protéicos e três energéticos para girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana* Shaw, 1802). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 6, p. 2151-2156, 2000.

ALCÁNTARA BOCANEGRA, Fernando; MONTREUIL FRÍAS, Víctor. Seminario taller internacional de manejo de paiche o pirarucú. 2003.

ARANTES, C. C.; CASTELLO, Leandro. Implicações da biologia, ecologia e contagens para o manejo do pirarucu. **Biologia, Conservação e Manejo Participativo de Pirarucus na Pan-Amazônia. Tefé-AM: Instituto de Desenvolvimento Mamirauá**, p. 33-42, 2013.

BAÑUELOS-VARGAS, Isaura et al. Effect of fishmeal replacement by soy protein concentrate with taurine supplementation on hepatic intermediary metabolism and antioxidant status of totoaba juveniles (*Totoaba macdonaldi*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 170, p. 18-25, 2014.

BARD, Jacques; IMBIRIBA, Emir Palmeira. Piscicultura do pirarucu, *Arapaima gigas*. **Embrapa Amazônia Oriental-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1986.

BELAL, Ibrahim EH. A review of some fish nutrition methodologies. **Bioresource technology**, v. 96, n. 4, p. 395-402, 2005.

BELLAVER, Claudio; SNIZEK JR, Pedro Nessi. Processamento da soja e suas implicações na alimentação de suínos e aves. In: **Congresso Brasileiro de Soja**. Londrina^ ePR PR: EMBRAPA, 1999.

BISWAS, Amal et al. Optimum fish meal replacement by soy protein concentrate from soymilk and phytase supplementation in diet of red sea bream, *Pagrus major*. **Aquaculture**, v. 506, p. 51-59, 2019.

BOOTH, M. A.; MOSES, M. D.; ALLAN, G. L. Utilisation of carbohydrate by yellowtail kingfish *Seriola lalandi*. **Aquaculture**, v. 376, p. 151-161, 2013.

BOOTH, Mark A.; PIROZZI, Igor. The digestibility of raw materials by barramundi *Lates calcarifer*: Emphasis on the effect of inclusion rate on the digestibility of soybean meal and soy protein concentrate. **Animal Feed Science and Technology**, v. 273, p. 114800, 2021.

BOWYER, Jenna N. et al. The use of a soy product in juvenile yellowtail kingfish (*Seriola lalandi*) feeds at different water temperatures: 2. Soy protein concentrate. *Aquaculture*, v. 410, p. 1-10, 2013.

BRANDÃO, Franmir Rodrigues et al. Uso de sal durante o transporte de juvenis (1kg) de pirarucu (*Arapaima gigas*). *Acta Amazonica*, v. 38, p. 767-771, 2008.

BRANDÃO, Franmir Rodrigues; GOMES, Levy de Carvalho; CHAGAS, Edsandra Campos. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em piscicultura. *Acta Amazonica*, v. 36, p. 349-356, 2006.

CARTER, Chris G.; SAJJADI, M. Low fishmeal diets for Atlantic salmon, *Salmo salar* L., using soy protein concentrate treated with graded levels of phytase. **Aquaculture International**, v. 19, n. 3, p. 431-444, 2011.

CARVAJAL-VALLEJOS, Fernando M. et al. La introducción de *Arapaima gigas* (paiche) en la Amazonía boliviana. **Peces y Delfines de la Amazonía boliviana: Hábitats, potencialidades y amenazas**. Cochabamba: Editorial INIA, p. 367-396, 2011.

CAVERO, Bruno Adan Sagratzki et al. Efeito da densidade de estocagem sobre a eficiência alimentar de juvenis de pirarucu (*Arapaima gigas*) em ambiente confinado. **Acta Amazonica**, v. 33, p. 631-636, 2003a.

CAVERO, Bruno Adan Sagratzki et al. Uso de alimento vivo como dieta inicial no treinamento alimentar de juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, p. 1011-1015, 2003b.

CAVERO, Bruno Adan Sagratzki et al. Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 513-516, 2004.

CAVERO, Bruno Adan Sagratzki et al. Exogenous enzymes on the feeding of pirarucu *Arapaima gigas* Schinz. 1822 (Osteoglossiformes. Arapaimidae). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 1, p. 1-7, 2019.

CASTILLO, Civil Prisyla Casado Del. Exigência proteica e respostas fisiológicas de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). 2012.

CERDEIRA, Kaila de Assis et al. Soybean meal in diets for juveniles of pirarucu. Volume 44, Número 3, 2018.

CHO, C. Y.; COWEY, C. B.; WATANABE, Takeshi. **Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development**. IDRC, Ottawa, ON, CA, 1985.

CIPRIANO, Filipe dos Santos et al. Digestibility of animal and vegetable protein ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 581-586, 2016.

CRESCÊNCIO, Roger. Treinamento alimentar de alevinos de pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829), utilizando atrativos alimentares. **Dissertação de mestrado**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas. Manaus, Amazonas. 35p, 2001.

CRESCÊNCIO, Roger et al. Influência do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1217-1222, 2005.

CRUZ-GUIMARAES, José Lisbinio et al. Conociendo y Valorando Nuestros Recursos Amazonicos a Traves de las Tecnologias de la Informacion y Comunicacion (TIC), un Estudio de Caso: *Arapaima gigas*. **Folia Amazónica**, v. 19, n. 1-2, p. 79-84, 2010.

COLBURN, Heidi R. et al. Partial replacement of fishmeal with soybean meal and soy protein concentrate in diets of Atlantic cod. **North American Journal of Aquaculture**, v. 74, n. 3, p. 330-337, 2012.

CSÁKY, I.; FEKETE, S. Soybean: feed quality and safety. Part 1: biologically active components. A review. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 52, n. 3, p. 299-313, 2004.

CYRINO, J.E.P.; FRACALOSSO, D.M.; ROUBACH, R. Avanços na Alimentação de Peixes Carnívoros de Água Doce. In: Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. (Eds). **Nutriaqua**. Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. 1a ed. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. p.283-293.

CYRINO, José Eurico Possebon et al. A piscicultura e o ambiente: o uso de alimentos ambientalmente corretos em piscicultura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 68-87, 2010.

DANIEL, N. A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant protein sources. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 6, n. 2, p. 164-179, 2018.

DAY, O. J., & GONZALEZ, H. P. Soybean protein concentrate as a protein source for turbot *Scophthalmus maximus* L. **Aquaculture Nutrition**, 6(4), 221-228, 2000.

DE LA NOÛE, J.; CHOUBERT, Georges. Digestibility in rainbow trout: comparison of the direct and indirect methods of measurement. **The Progressive Fish-Culturist**, v. 48, n. 3, p. 190-195, 1986.

DE LIRA, Ana Celina Xavier; COUTINHO, Helen Rita Menezes; DA CUNHA FERST, Marklea. Gastronomia do Amazonas: percepção dos permissionários da Praia do Tupé, Manaus, AM. **Turismo e Sociedade**, v. 12, n. 3, 2020.

DEL RISCO, Magaly et al. Efecto de tres niveles de proteína dietaria en el crecimiento de juveniles de paiche, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Folia Amazónica**, v. 17, n. 1-2, p. 29-37, 2008.

DENG, Junming et al. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate on feed intake and growth of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture**, v. 258, n. 1-4, p. 503-513, 2006.

DOS SANTOS-CIPRIANO, Filipe et al. Apparent digestibility of energetic ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 43, n. 4, p. 786-791, 2015.

DRUMOND, Gustavo Valadares Fonseca et al. Características bioquímicas e hematológicas do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) de cultivo semi-intensivo na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 591-595, 2010.

EL-SAIDY, Deyab MSD; GABER, Magdy MA. Complete replacement of fish meal by soybean meal with dietary L-lysine supplementation for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L.) fingerlings. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 33, n. 3, p. 297-306, 2002.

ESPE, Marit; EL-MOWAFI, Adel; RUOHONEN, Kari. Replacement of fishmeal with plant protein ingredients in diets to Atlantic salmon (*Salmo salar*)—effects on weight gain and accretion. *Aquaculture (Ed Muchlisin Z) InTech*, p. 43-58, 2012.

FABREGAT, T. E. P. et al. Replacement of fish meal by soybean meal in diets for juveniles of Curimba. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 37, n. 3, p. 289-294, 2011.

FRACALOSSO, D. M. Técnicas Experimentais em Nutrição de Peixes. In: Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. (Eds). **Nutriaqua**. Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. 1a ed. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. p.37-63.

FRANCIS, George; MAKKAR, Harinder PS; BECKER, Klaus. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, n. 3-4, p. 197-227, 2001.

FURUYA, Wilson Massamitu et al. Composição química e coeficientes de digestibilidade aparente dos subproduto desidratados das polpas de tomate e goiaba para tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 34, n. 4, p. 505-510, 2018.

GATLIN III, Delbert M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture research**, v. 38, n. 6, p. 551-579, 2007.

GLENCROSS, Brett D.; BOOTH, Michael; ALLAN, Geoff L. A feed is only as good as its ingredients—a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture nutrition**, v. 13, n. 1, p. 17-34, 2007.

GOMES, Levy de Carvalho. Physiological responses of pirarucu (*Arapaima gigas*) to acute handling stress. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 4, p. 629-633, 2007.

GUIMARÃES, Igo Gomes et al. Digestibilidade aparente de rações contendo complexo enzimático para tilápia-do-nilo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, p. 1397-1402, 2009.

HARDY, Ronald W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 5, p. 770-776, 2010.

HERNÁNDEZ, M. D. et al. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpnose seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. **Aquaculture**, v. 263, n. 1-4, p. 159-167, 2007.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**. Disponível: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3940#resultado>. Consultado em 25 de Maio. 2020.

IMBIRIBA, Emir Palmeira. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. **Acta Amazonica**, v. 31, n. 2, p. 299-299, 2001.

ITUASSÚ, Daniel Rabello et al. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 255-259, 2005.

KAUSHIK, S. J. et al. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and flesh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, v. 133, n. 3-4, p. 257-274, 1995.

KITAGIMA, Renato Eiji; FRACALOSI, Débora Machado. Validation of a methodology for measuring nutrient digestibility and evaluation of commercial feeds for channel catfish. **Scientia Agricola**, v. 67, p. 611-615, 2010.

KROGDAHL, Åshild et al. Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses in salmonids. **Aquaculture research**, v. 41, n. 3, p. 333-344, 2010.

KUMAR, Vikas et al. Phytate and phytase in fish nutrition. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 96, n. 3, p. 335-364, 2012.

LI, P.-Y. et al. Evaluation of soy protein concentrate as a substitute for fishmeal in diets for juvenile starry flounder (*Platichthys stellatus*). **Aquaculture**, v. 448, p. 578-585, 2015.

LIMA, A. F. et al. Alevinagem, recria e engorda de pirarucu. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2017.

LIMA, Liane Galvão de; BATISTA, Vandick da Silva. Estudos etnoictiológicos sobre o pirarucu *Arapaima gigas* na Amazônia Central. **Acta amazonica**, v. 42, p. 337-344, 2012.

LIMA, A. F. et al. A produção do pirarucu em cativeiro. **Aquaculture Brasil**, 2018.

MAGALHÃES JÚNIOR, et al. Digestible protein requirement of pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*) reared in outdoor aquaculture. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, n. 9, p. 114, 2017.

- MO, Ai Jie et al. Apparent digestibility of protein, energy and amino acids in nine protein sources at two content levels for mandarin fish, *Siniperca chuatsi*. **Aquaculture**, v. 499, p. 42-50, 2019.
- MOHD FAUDZI, Norfazreena et al. Soy protein concentrate as an alternative in replacement of fish meal in the feeds of hybrid grouper, brown-marbled grouper (*Epinephelus fuscoguttatus*)× giant grouper (*E. lanceolatus*) juvenile. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 1, p. 431-441, 2018.
- MONTEIRO, Leonardo Bruno Barbosa et al. Aspectos reprodutivos e perfil hormonal dos esteróides sexuais do pirarucu, *Arapaima gigas* (SCHINZ, 1822), em condições de cativeiro. **Acta Amazônica**, v. 40, p. 435-449, 2010.
- MONTEIRO, Márcia Regina Pereira et al. Qualidade protéica de linhagens de soja com ausência do Inibidor de Tripsina Kunitz e das isoenzimas Lipoxigenases. **Revista de Nutrição**, v. 17, p. 195-205, 2004.
- MOREIRA, JULIANE et al. Avaliação nutricional de dietas para o surubim (*pseudoplatystoma* sp) na fase de engorda. **REVISTA UNINGÁ**, v. 37, n. 1, 2013.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington. **National Academy Press**. 376pp, 2011.
- NEVES, A. M. B. Conhecimento atual sobre o pirarucu, *Arapaima gigas*. **IBAMA (org.). Recursos pesqueiros do Médio Amazonas (biologia e estatística pesqueira)**. Brasília, p. 89-113, 2000.
- NAYLOR, Rosamond L. et al. A 20-year retrospective review of global aquaculture. **Nature**, v. 591, n. 7851, p. 551-563, 2021.
- NÚÑEZ, Jesús et al. Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz), in the region of Iquitos, Perú. **Aquaculture Research**, v. 42, n. 6, p. 815-822, 2011.
- OEDA-RODRIGUES, Ana Paula et al. Apparent digestibility coefficients of selected protein ingredients for pirarucu *Arapaima gigas* (Teleostei: Osteoglossidae). **Latin american journal of aquatic research**, v. 47, n. 2, p. 310-317, 2019.
- OLIVEIRA, Valdézio de; POLETO, Stephania Luz; VENERE, Paulo Cesar. Feeding of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*, Arapaimidae) in their natural environment, lago Quatro Bocas, Araguaiana-MT, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 3, p. 312-314, 2005.
- ONO, Eduardo Akifumi et al. Digestibilidade aparente de dietas práticas com diferentes relações energia: proteína em juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 249-254, 2008.
- ONO, Eduardo Akifumi; HALVERSON, Martin Richard; KUBITZA, Fernando. Pirarucu, o gigante esquecido. **Panorama da Aqüicultura**, v. 14, n. 81, p. 14-25, 2004.
- ONO, E.; KEHDI, J. Manual de boas práticas de produção do pirarucu em cativeiro. **Serviço Brasileiro de Apoio às Micros e Pequenas Empresas, Brasília**, 2013.

ONO, Eduardo Akifumi et al. Digestibilidade aparente de dietas práticas com diferentes relações energia: proteína em juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, p. 249-254, 2008.

OSTASZEWSKA, Teresa et al. Growth and morphological changes in the digestive tract of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) due to casein replacement with soybean proteins. **Aquaculture**, v. 245, n. 1-4, p. 273-286, 2005.

PASTORE, S. C. G. et al. Boas práticas de fabricação e formulação de ração para peixes. In: Fracalossi, D. M.; Cyrino, J. E. P. (Eds.). **Nutriaqua**. Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. 1a ed. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p. 295-402, 2013.

PEREIRA-FILHO, Manoel et al. Cultivo do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. **Acta Amazonica**, v. 33, p. 715-718, 2003.

PORTZ, L.; FURUYA, W.M. In: Fracalossi, D. M. Energia, Proteína e Aminoácidos. In: Fracalossi, D.M.; Cyrino, J.E.P. (Eds). **Nutriaqua** – Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática. Florianópolis. p.65-77, 2012.

RAMSAY, J. M. et al. Effects of fecal collection methods on estimation of digestibility of protein feedstuffs by winter flounder. **North American Journal of Aquaculture**, v. 62, n. 3, p. 168-173, 2000.

REBELATTO JUNIOR, I. A. et al. Reprodução e engorda do pirarucu: levantamento de processos produtivos e tecnologias. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2015.

REFSTIE, Ståle et al. Lactic acid fermentation eliminates indigestible carbohydrates and antinutritional factors in soybean meal for Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 246, n. 1-4, p. 331-345, 2005.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B. (2006). Produtos proteicos de soja. OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, MAB; SPOTO, MHF Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos. Barueri: Manole.

RODRIGUES, Ana Paula Oeda et al. Feeding frequency affects feed intake and growth in juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*). **Acta Amazonica**, v. 49, p. 11-16, 2019.

RODRIGUES, Ana Paula Oeda; CARGNIN-FERREIRA, Eduardo. Morphology and histology of the Pirarucu (*Arapaima gigas*) digestive tract. **Embrapa Pesca e Aquicultura-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2017.

SALZE, Guillaume et al. Use of soy protein concentrate and novel ingredients in the total elimination of fish meal and fish oil in diets for juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture**, v. 298, n. 3-4, p. 294-299, 2010.

SIMON, C. J. et al. The effect of poultry protein concentrate and phosphorus supplementation on growth, digestibility and nutrient retention efficiency in barramundi *Lates calcarifer*. **Aquaculture**, v. 498, p. 305-314, 2019.

SOTO, Wilson Castillo et al. Efecto del tipo de alimento sobre la actividad de enzimas intestinales en paiches juveniles (*arapaima gigas* cuvier, 1829) criados en jaulas. **Pueblo continente**, v. 24, n. 1, p. 177-184, 2015.

SOUZA, Rosália Furtado Cutrim et al. Períodos de condicionamento alimentar de juvenis de pirarucu na transição da alimentação de ração úmida para seca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 50, p. 622-625, 2015.

STECH, Marcia Regina; CARNEIRO, Dalton José; DE CARVALHO, Maria Regina Barbieri. Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, v. 32, n. 3, p. 255-262, 2010.

STOREBAKKEN, T. et al. Growth, uptake and retention of nitrogen and phosphorus, and absorption of other minerals in Atlantic salmon *Salmo salar* fed diets with fish meal and soy-protein concentrate as the main sources of protein. **Aquaculture Nutrition**, v. 6, n. 2, p. 103-108, 2000.

URÁN, P. A. et al. Soybean meal-induced uptake block in Atlantic salmon *Salmo salar* distal enterocytes. **Journal of Fish Biology**, v. 73, n. 10, p. 2571-2579, 2008.

VIKAS, Kumar et al. Anti-nutritional factors in plant feedstuffs used in aquafeeds. **World aquaculture**, v. 43, n. 3, p. 64-68, 2012..

WATSON, L. Cynthia; STEWART, Donald J.; TEECE, Mark A. Trophic ecology of *Arapaima* in Guyana: giant omnivores in Neotropical floodplains. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 2, p. 341-349, 2013.

ZHOU, Q.-C. et al. Partial replacement of fishmeal by soybean meal in diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture Nutrition**, v. 11, n. 3, p. 175-182, 2005.

CAPÍTULO II

Artigo formatado de acordo com modelo de *short communication* seguindo as normas da revista “**Aquaculture reports**”

**Coefficiente de digestibilidade aparente de co-produtos de soja para juvenis de Pirarucu
Arapaima gigas, Schinz (1822)**

Luana de Nazaré dos Anjos Aires^{a*}, Renata Silva de Oliveira^a, Cristhian Alves de Queiroz^b,
Roselany de Oliveira Corrêa^b, Rossineide Martins da Rocha^a

^a Laboratório de Ultraestrutura Celular, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Brasil

^b Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA, Pará, Brasil

^c Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Amazônia Oriental, Pará, Brasil

* Autor para correspondência: E-mail: aires.luana1@gmail.com, Fone: +55 (91) 984371871, Laboratório de Ultraestrutura Celular, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Av. Augusto Corrêa nº. 01, CEP 66075-900, Brasil.

Resumo

Este estudo teve como objetivo determinar os Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDAs) da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) do concentrado proteico de soja (CPS) para pirarucu em duas classes de peso (I e II) e comparar com o CDA do farelo de soja (FS) para peixes da classe II. Os CDAs foram determinados pelo método indireto, utilizando óxido de cromo como marcador inerte. Foram utilizados 18 peixes por aquário para a classe 1 ($217,68 \pm 5,51$) e 6 peixes por aquário para a classe 2 ($624,16 \pm 2,75$). Houve diferenças significativas entre as duas classes no CDA de MS e EB do CPS, cujo aproveitamento foi menor para os indivíduos da classe I, com valores de $68,87\% \pm 0,67$ e $72,05\% \pm 5,86$, respectivamente. Não foi observada diferença para o CDA da PB do CPS ($P > 0,05$) entre as classes de peso. A comparação feita entre os CDAs da MS, PB, e EB do CPS com FS para pirarucus da classe II, mostra que não houve diferença ($P > 0,05$) no CDA MS e EB. Por outro lado, a proteína do CPS é melhor aproveitada (99,22 %) pelos animais da classe II ($P < 0,05$), característica desejável para viabilizar formulações eficientes e de menor poder poluente.

Palavras-chave: Peixes amazônicos, nutrição, dieta e aquicultura.

1. Introdução

O pirarucu, *Arapaima gigas*, pertencente à família Osteoglossidae, é uma espécie com potencial para a aquicultura por apresentar rápido crescimento, atinge mais de 10 kg no primeiro ano de criação; pela rusticidade ao manejo; pelo bom rendimento de carcaça (57%) e carne saborosa, sendo conhecido popularmente como o “bacalhau brasileiro” (Imbiriba, 2001; Lima et al., 2017).

Por ser um peixe carnívoro, exige elevados teores de proteína na dieta, sobretudo de origem animal como a farinha de peixe (Chou et al., 2003; Abdel-Warith et al., 2019), que é importante fonte de proteína nas rações por apresentar alta palatabilidade e excelente composição em aminoácidos e ácidos graxos essenciais. Contudo, a crescente demanda da indústria de rações e a redução na produção global deste insumo proveniente da captura e de

resíduos de pescado, comprometem sua disponibilidade e aumenta seu valor de mercado em comparação com outras fontes (Naylor et al., 2021), impactando no preço das rações e estimulando a procura por fontes alternativas de menor custo.

Nesta perspectiva, a utilização de fontes proteicas vegetais, como os coprodutos da soja se destacam por seu perfil de aminoácidos semelhante ao da farinha de peixe, exceto pela deficiência em lisina e metionina (Borghesi et al., 2009; Gatlin III et al., 2007). O farelo de soja (FS) é amplamente utilizado em rações comerciais para aquícolas, embora sua inclusão seja limitada pela presença de fatores antinutricionais, como os inibidores de enzimas, ácido fítico, fitoestrógenos, saponinas e alérgenos que diminuem a digestibilidade de nutrientes e comprometem o crescimento do animal (Dersjant-Li, 2002; Li et al., 2020).

A extração alcóolica do farelo de soja (> 48% PB), remove e/ou inativa fatores antinutricionais deste ingrediente, sobretudo carboidratos solúveis, fibras, saponinas, inibidor de tripsina e lectinas (Lusas & Riaz, 1995; Storebakken et al., 2000; Dersjant-Li, 2002), gerando o Concentrado Proteico de Soja (CPS), ingrediente de elevado teor proteico (> 60% PB), cuja digestibilidade de nutrientes é comparativamente maior do que a do farelo de soja, sobretudo em dietas para formas jovens, que são mais sensíveis aos efeitos deletérios dos antinutrientes (Glencross et al., 2004; Glencross et al., 2005; Booth & Pirozzi, 2020). Por isso, o CPS tem sido utilizado com sucesso na substituição parcial da farinha de peixe em dietas para espécies carnívoras (Day & Gonzalez, 2000; Colburn et al., 2012).

Considerando que os efeitos da inclusão de coprodutos da soja em dietas para peixes são espécie-específicos, e que podem variar com a fase do ciclo de vida, o objetivo deste estudo foi determinar os Coeficientes de Digestibilidade Aparente (CDAs) da matéria seca, proteína bruta, e energia do concentrado proteico de soja para duas classes de peso vivo do pirarucu (200 e 600 g), e comparar com o CDA do farelo de soja para a classe de maior peso.

2. Material e métodos

O estudo foi desenvolvido em conformidade com a Comissão de Ética do Uso de Animais (CEUA-Protocolo 003/2018) da Embrapa e com o sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado (Cadastro n° A498348).

Para este estudo foram elaboradas três dietas, sendo uma referência e duas dietas teste (Tabela 1). As dietas testes foram preparadas contendo 70% da dieta referência e 30% do ingrediente testado (CPS ou FS). Foi utilizado 1 g.kg⁻¹ de óxido de cromo (Cr₂O₃) como marcador inerte. As dietas foram peletizadas com granulometrias de 5 mm e 10 mm, utilizadas

conforme as classes de peso dos peixes, secas em estufa com ventilação forçada (55°C) por 10 horas, embaladas e armazenadas em freezer (- 18°C) até sua utilização.

Os animais foram divididos em duas classes de peso: (I) animais com peso médio de $217,68 \pm 5,51$ g e (II) com peso médio de $624,16 \pm 2,75$ g. Os peixes foram distribuídos em 18 aquários de polietileno (500L), sendo 18 peixes por aquário para a classe I e 06 para a classe II. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dois tratamentos cada (dieta teste e dieta referência) e três repetições. Foram determinados os CDAs da matéria seca, proteína bruta e energia bruta do CPS para as duas classes de peso e do FS para a classe II.

Os animais foram adaptados as rações, contendo o marcador inerte, durante 7 dias para total limpeza do trato digestível com alimentos que não continham o marcador. Posteriormente, durante o período de coleta das fezes, os animais foram alimentados quatro vezes ao dia (09:00, 11:00, 14:00 e 16:00) até a saciedade aparente. Uma hora após a última alimentação os peixes eram capturados dos aquários e transferidos para coletores do tipo Guelph modificado, com aeração contínua e circulação de água, onde permaneciam por um período de 12 horas.

As fezes foram coletadas por sedimentação e em triplicata, mantidas em recipientes refrigerados, posteriormente centrifugados (3100 g, 4°C, 5 min.). As amostras foram secas em estufa com ventilação forçada (55°C) por 8 horas e armazenadas em freezer (- 18°C) até a realização das análises de composição química.

Os CDAs foram determinados pelo método indireto, através das equações (1) e (2) (Sugiura et al., 1998; Pezzato et al, 2002):

$$CDA \text{ Dieta} = 100 - (100 \times (\% Cr2O3D \div \% Cr2O3F) \times (NF \div ND)) \quad (1)$$

$$CDA \text{ Ingrediente} = CDADT + (CDADT - CDADR) \times ((0,7 \times NDR) \div (0,3 \times NI)) \quad (2)$$

Onde: %Cr2O3 D = percentagem de óxido de cromo na dieta; %Cr2O3 F = percentagem de óxido de cromo nas fezes; NF = percentagem de nutriente nas fezes; ND = percentagem de nutriente na dieta; CDAN = coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente; CDADT = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta teste; CDADR = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta referência; NDR = percentagem de nutriente na dieta referência; e NI = percentagem de nutriente no ingrediente.

Durante os experimentos foram monitorados os seguintes parâmetros físicos e químicos da água: oxigênio dissolvido, pH e temperatura (diariamente), utilizando medidores digitais

(AK87 e AK95, Akso, São Leopoldo, Brasil), e amônia total (semanalmente), com colorímetro digital (SL2K, Solar, Florianópolis, Brasil).

As composições químicas das dietas, fezes e ingredientes foram realizadas de acordo com o método estabelecido pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2000). A análise de umidade foi realizada através do método gravimétrico a 105 °C até o peso constante. A proteína bruta pelo método de Kjeldahl. A extração de lipídios foi realizada por Soxhlet, utilizando o éter de petróleo como extrator. A matéria mineral foi avaliada após a incineração da matéria orgânica em mufla a 550°. A energia bruta por bomba calorimétrica, e a quantificação do óxido de crômio foi feita por espectrometria de absorção atômica.

Os resultados obtidos estão apresentados como média e desvio padrão, e as diferenças entre médias foram observadas através do teste t de Student utilizando o software R Studio, considerando o nível de significância de 5%.

3. Resultados e discussão

Durante o período experimental não houve mortalidade e as dietas foram bem aceitas pelos peixes. As variáveis físicas e químicas da água (temperatura = $27,1 \pm 0,45$ °C; pH = $6,2 \pm 0,93$; OD = $6,2 \pm 0,85$ mg L⁻¹; amônia total = $2,9 \pm 1,83$ mg L⁻¹) se mantiveram em níveis aceitáveis para a espécie (Cavero et al., 2004; Pereira-Filho & Roubach, 2013).

O tamanho dos peixes é um dos fatores que influenciam na digestibilidade do alimento (NRC, 2011). Para juvenis de pirarucu das classes I e II ($217,68 \pm 5,51$ g; $626,11 \pm 10,05$ g, respectivamente) houve diferença ($P < 0,05$) nos CDAs da MS e EB do CPS, cujo aproveitamento foi maior para os indivíduos da classe II. Demonstrando que à medida que o animal cresce, proporcionalmente há um aumento no tamanho do trato digestivo, possibilitando o prolongamento da passagem do alimento e assim melhor aproveitamento dos nutrientes (Ferraris, et al., 1986). Além disso, possivelmente o intestino dos peixes da classe I ainda não possuem enzimas capazes de digerir os ingredientes do CPS, visto que os mesmos demonstraram menor aproveitamento do ingrediente (Krogdhal et al., 2003).

O CDA da Proteína Bruta do CPS apresentou valores superiores para as duas classes de peso ($P > 0,05$, Tabela 2). O CPS avaliado no presente estudo é produto da extração alcoólica do FS (> 48% PB). Neste processo os fatores antinutricionais da soja são extraídos ou inativados (Bansemer et al. 2014), gerando um produto que apresentou alta disponibilidade proteica para formas jovens de pirarucu (97,28%). Resultados semelhantes foram observados em carnívoros

como *Oncorhynchus mykiss* (97,9%; Glencross et al., 2005), *Salmo salar* (90,1%; Glencross et al., 2004) e *Lates calcarifer* (95,9%; Booth e Pirozzi, 2021).

A comparação feita entre os CDAs da MS, PB e EB do CPS com FS para pirarucus da classe II, mostrou que a proteína do CPS foi melhor aproveitada ($P < 0,05$; Tabela 3), característica desejável para potencializar o crescimento nesta fase do ciclo de vida. Similar ao relatado por Booth & Pirozzi (2021) em estudo com perca-gigante (*L. calcarifer*) onde o CPS apresentou proteína mais digestível do que a do FS, semelhante a digestibilidade da proteína da farinha de peixe (FP).

A menor digestibilidade da proteína encontrada em dietas contendo o FS pode ser justificada pelo elevado teor de fibras presentes em ingredientes vegetais, que pode interferir na digestibilidade dos nutrientes, principalmente para peixes carnívoros, que são poucos eficientes na utilização de carboidratos da dieta (Zhou et al. 2011). Também pelo efeito dos antinutrientes, presença de polissacarídeos não amiláceos, os quais aumentam a viscosidade da digesta no intestino e reduzem a absorção dos nutrientes, induzindo como consequência, a uma maior inclusão do ingrediente na ração (Refstie et al., 2001; Dersjant-Li, 2002; Stech et al., 2010).

Além disso, o farelo de soja apresenta maior concentração de tanino quando comparado com produtos da soja processados, essa alta quantidade de tanino pode ser devido a presença de resíduos e cascas decorrentes da pré-limpeza da soja (Stech et al. 2010). Esse componente antinutricional pode estar relacionado a menor digestibilidade da proteína e minerais de ingredientes vegetais, além de proporcionar sabor adstringente e amargo (NRC, 2011) tornando o ingrediente menos atrativo para o animal.

Por outro lado, quando um ingrediente proteico possui alta digestibilidade como o CPS não significa necessariamente que confere alta disponibilidade de aminoácidos (Portz & Furuya, 2012), sendo necessária a avaliação da digestibilidade dos aminoácidos para posterior suplementação adequada com aminoácidos sintéticos sulfurados na utilização desse ingrediente para peixes carnívoros (Mambrini et al., 1999).

Os CDAs da matéria seca do CPS e do FS para peixes da classe 2 não diferiram entre si ($P > 0,05$), apresentando média de 86,94 %, comparativamente maior do que o encontrado por Cerdeira et al. (2016) (76,7 %, pirarucus de 235 g) e Rodrigues et al. (2019) (79 %, pirarucus de 8,5 g) para o FS, demonstrando que para esta classe, existe um alto aproveitamento da MS de ambos co-produtos avaliados.

Apesar do pirarucu ser menos eficiente na utilização da energia de ingredientes de origem vegetal (Cipriano et al., 2016), os valores de CDA da energia foram altos para a classe 2, apresentando valores de 91,10% e 83,04% para o CPS e FS respectivamente, diferente do observado por Cipriano et al. (2016), que descreveram valores abaixo de 60% de CDA da energia de produtos vegetais, incluindo o Farelo de Soja.

Por outro lado, Cerdeira et al. (2018) relataram valores acima de 90% para o CDA de EB do FS em ração extrusada contendo até 45% de substituição da FP pelo FS, pode ser consequência do processamento da ração, uma vez que a extrusão melhora a digestibilidade do alimento e proporciona maior estabilidade aos péletes, reduzindo a lixiviação de nutrientes na água (Bomfim & Lanna, 2004; Rokey et al. 2010).

4. Conclusão

Pirarucus das classes de peso I e II apresentaram elevada utilização da proteína do CPS, sendo um bom indicativo para a inclusão deste ingrediente em rações específicas para juvenis de pirarucu, viabilizando formulações eficientes e de menor poder poluente, por proporcionarem redução na quantidade de nitrogênio na água, fato importante para garantir o bem estar da espécie e a sustentabilidade da criação.

Agradecimentos

Esta publicação é produto do projeto “Aquicultura com Tecnologia e Sustentabilidade, Aquitech”, financiado pelo Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (Projeto 37/2018). Agradecemos também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal/UFGA e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro à Rossineide Martins da Rocha (307688 / 2019-4). Por fim, os autores agradecem aos técnicos da Estação de Piscicultura e do Laboratório de Agroindústria da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA Amazônia Oriental) pelo apoio com experimentos e análises.

Referências

- Abdel-Warith, A. A., Younis, E. M., Al-Asgah, N. A., & Mahboob, S. (2019). Effect of replacing fish meal by full fat soybean meal on growth performance, feed utilization and gastrointestinal enzymes in diets for African catfish *Clarias gariepinus*. *Brazilian Journal of Biology*, 80, 535-543.
- Association of official analytical chemists - AOAC. Official methods of analysis. 17th. ed. Gaithersburg: AOAC, 2000.
- Bansemer, M. S., Forder, R. E. A., Howarth, G. S., Suitor, G. M., Bowyer, J., & Stone, D. A. J. (2015). The effect of dietary soybean meal and soy protein concentrate on the intestinal mucus layer and development of subacute enteritis in Yellowtail Kingfish (*Seriola lalandi*) at suboptimal water temperature. *Aquaculture Nutrition*, 21(3), 300-310.
- Bomfim, M. A. D., & Lanna, E. A. T. (2004). Fatores que afetam os coeficientes de digestibilidade nos alimentos para peixes. *Revista Eletrônica Nutritime*, 1(1), 20-30.
- Borghesi, R., Dairiki, J. K., & Cyrino, J. E. P. (2009). Apparent digestibility coefficients of selected feed ingredients for dourado *Salminus brasiliensis*. *Aquaculture Nutrition*, 15(5), 453-458.
- Booth, M. A., & Pirozzi, I. (2021). The digestibility of raw materials by barramundi *Lates calcarifer*: Emphasis on the effect of inclusion rate on the digestibility of soybean meal and soy protein concentrate. *Animal Feed Science and Technology*, 273, 114800.
- Cavero, B. A. S., Pereira-Filho, M., Bordinhon, A. M., Fonseca, F. A. L. D., Ituassú, D. R., Roubach, R., Ono, E. A. (2004). Tolerância de juvenis de pirarucu ao aumento da concentração de amônia em ambiente confinado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39, 513-516.
- Cerdeira, K. D. A., Souza, K. J. N. D. S., Ferreira, J. B., Zampar, A., Ono, E. A., Affonso, E. G. (2018). Soybean meal in diets for juveniles of pirarucu. *Volume 44, Número 3*.
- Chou, R. L., Her, B. Y., Su, M. S., Hwang, G., Wu, Y. H., & Chen, H. Y. (2004). Substituting fish meal with soybean meal in diets of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. *Aquaculture*, 229(1-4), 325-333.
- Cipriano, F. D. S., Lima, K. S. D., Souza, R. H. B. D., Tonini, W. C. T., Passinato, É. B., Braga, L. G. T. (2016). Digestibility of animal and vegetable protein ingredients by pirarucu juveniles, *Arapaima gigas*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 45, 581-586.
- Colburn, H. R., Walker, A. B., Breton, T. S., Stilwell, J. M., Sidor, I. F., Gannam, A. L., Berlinsky, D. L. (2012). Partial replacement of fishmeal with soybean meal and soy protein concentrate in diets of Atlantic cod. *North American Journal of Aquaculture*, 74(3), 330-337.

Day, O. J., & Gonzalez, H. P. (2000). Soybean protein concentrate as a protein source for turbot *Scophthalmus maximus* L. *Aquaculture Nutrition*, 6(4), 221-228.

Dersjant-Li, Y. (2002). The use of soy protein in aquafeeds. *Avances en Nutrición Acuícola*.

Ferraris, R. P., Catacutan, M. R., Mabelin, R. L., & Jazul, A. P. (1986). Digestibility in milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): effects of protein source, fish size and salinity. *Aquaculture*, 59(2), 93-105.

Gatlin III, D. M., Barrows, F. T., Brown, P., Dabrowski, K., Gaylord, T. G., Hardy, R. W., Wurtele, E. (2007). Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. *Aquaculture research*, 38(6), 551-579.

Glencross, B. D., Carter, C. G., Duijster, N., Evans, D. R., Dods, K., McCafferty, P., Sipsas, S. (2004). A comparison of the digestibility of a range of lupin and soybean protein products when fed to either Atlantic salmon (*Salmo salar*) or rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 237(1-4), 333-346.

Glencross, B., Evans, D., Dods, K., McCafferty, P., Hawkins, W., Maas, R., Sipsas, S. (2005). Evaluation of the digestible value of lupin and soybean protein concentrates and isolates when fed to rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, using either stripping or settlement faecal collection methods. *Aquaculture*, 245(1-4), 211-220.

Imbiriba, E. P. (2001). Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. *Acta Amazonica*, 31(2), 299-299.

Krogdahl, Å., Bakke-McKellep, a. M., & Baeverfjord, G. (2003). Effects of graded levels of standard soybean meal on intestinal structure, mucosal enzyme activities, and pancreatic response in Atlantic salmon (*Salmo solar* L.). *Aquaculture Nutrition*, 9(6), 361–371.

Lima, A. F., Rodrigues, A. P. O., de Lima, L. K. F., Maciel, P. O., Rezende, F. P., de Freitas, L. E. L., Bezerra, T. A. (2017). Alevinagem, recria e engorda de pirarucu. *Embrapa Pesca e Aquicultura-Livro técnico (INFOTECA-E)*.

Li, W., Xu, B., Wei, F., Li, S., Wang, S., & Wen, X. (2020). Effects of partial substitution of dietary fishmeal by fermented soybean meal on growth, amino acid and protein metabolism of juvenile *Nibea diacanthus*. *Aquaculture Nutrition*, 26(6), 2147-2158.

Lusas, E. W., & Riaz, M. N. (1995). Soy protein products: processing and use. *The Journal of nutrition*, 125(suppl_3), 573S-580S.

Mambrini, M., Roem, A. J., Carvedi, J. P., Lalles, J. P., Kaushik, S. J. (1999). Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate and of DL-methionine supplementation in high-energy, extruded diets on the growth and nutrient utilization of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of animal science*, 77(11), 2990-2999.

Naylor, R. L., Hardy, R. W., Buschmann, A. H., Bush, S. R., Cao, L., Klinger, D. H., Troell, M. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. *Nature*, 591(7851), 551-563.

National Research Council. (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. National academies press. 392p.

Oeda-Rodrigues, A. P., Vitti-Moro, G., Santos, V. R. V. D., Lima-de-Freitas, L. E., & Machado-Fracalossi, D. (2019). Apparent digestibility coefficients of selected protein ingredients for pirarucu *Arapaima gigas* (Teleostei: Osteoglossidae). Latin american journal of aquatic research, 47(2), 310-317.

Pereira-Filho, M, Roubach, R. (2013). Pirarucu (*Arapaima gigas*), em: Baldisserotto, B. Gomes, L.C. Espécies nativas para a piscicultura no Brasil. UFSM, Santa Maria, RS, Brasil. (2ª ed.), 27-56.

Pezzato, L. E., Miranda, E. C. D., Barros, M. M., Pinto, L. G. Q., Furuya, W. M., & Pezzato, A. C. (2002). Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Revista Brasileira de Zootecnia, 31, 1595-1604.

Portz, L; Furuya, W. M, 2012. Energia, proteína e aminoácidos, in: Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, pp. 65-77.

Ray, A. K., & Ringo, E. (2014). The gastrointestinal tract of fish. In D. Merrifield & E. Ringø (Eds.), Aquaculture Nutrition. Gut health, probiotics and prebiotics. Wiley Blackwell.

Refstie, S., Storebakken, T., Baeverfjord, G., Roem, A. J. (2001). Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. Aquaculture, 193(1-2), 91-106.

Rokey, G. J., Plattner, B., Souza, E. M. D. (2010). Descrição do processo de extrusão do alimento. Revista Brasileira de Zootecnia, 39, 510-518.

Storebakken, T. (2000). Soy products as fat and protein sources in fish feeds for intensive aquaculture. Soy in animal nutrition, 127-170.

Stech, M. R., Carneiro, D. J., De Carvalho, M. R. B. (2010). Fatores antinutricionais e coeficientes de digestibilidade aparente da proteína de produtos de soja para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Acta Scientiarum. Animal Sciences, 32(3), 255-262.

Sugiura, S. H., Dong, F. M., Rathbone, C. K., & Hardy, R. W. (1998). Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. Aquaculture, 159(3-4), 177-202.

Zambonino Infante, J. L., & Cahu, C. L. (2001). Ontogeny of the gastrointestinal tract of marine fish larvae. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 130(4), 477-487.

Zhou, F.; Song, W.; Shao, Q.; Peng, X.; Xiao, J.; Hua, Y.; Owari, B. N. 2011. Partial Replacement of Fish Meal by Fermented Soybean Meal in Diets for Black Sea Bream,

Acanthopagrus schlegelii, Juveniles. Journal of the World Aquaculture Society, Vol. 42, No. 2 April.

Tabela 1- Ingredientes e composição centesimal (%) da dieta referência (DR), dieta teste (DT), do concentrado proteico de soja.

Ingredientes %	DR	DT	
Farinha de peixe	35,34	24,73	
Farinha de Carne e Osso	7,83	5,48	
Farinha de Vísceras de Aves	23,85	16,70	
Amido	10,56	7,39	
Óleo de soja	0,13	0,09	
Farelo de trigo	19,28	13,49	
Premix ¹	1,51	1,06	
Lisina	0,57	0,39	
Fosfato bicálcico	0,5	0,35	
Metionina	0,33	0,23	
Óxido de cromo (Cr ₂ O ₃)	0,1	0,07	

Composição analisada (%)		CPS²	FS
Matéria seca	94,71	93,83	89,31
Proteína bruta	38,28	60,07	47,91
Extrato etéreo	8,06	0,74	0,97
Fibra bruta	4,19	5,58	6,43
Cinzas	19,77	5,81	6,00
Energia Bruta (Kcal/Kg)	3994	4471	4161

¹Premix vitamínico mineral (Nutract Agroindustrial Ltda.), por kg de produto: Potássio, 3.000,00 mg; Magnésio, 600,00 mg; Cobre, 1.500,00 mg; Ferro, 8.000,00 mg; Manganês, 2.000,00 mg; Selênio, 75,00 mg; Iodo, 300,00 mg; Cobalto, 50,00 mg; Colina, 100,00 g; Vitamina A, 2.500,000 UI; Vitamina D3, 600.000,00 UI; Vitamina E, 20.000,00 UI; Vitamina K3; 1.000,00 mg; Ác. Nicotínico 10,00; ác. Pantotênico 5.000,00 mg; Ác. Fólico, 100,00 mg; Biotina, 50,00; Vitamina B1, 4.000,00 mg; Vitamina B2, 8.000,00 mg; Vitamina B6, 10,00 g; Vitamina B12, 20.000,00 mg; Vitamina C, 85,00 g; Inositol, 12,50 g; Etoxiquin, 1.250,00 mg; B.H.T., 10,00 g.

²Selecta, Goiânia, GO/Brasil

Tabela 2- Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), valor bruto (VB) e valor digestível (VD) do concentrado proteico de soja para juvenis de pirarucu em duas classes de peso: I:- 217,68 ± 5,51 g (CDA I e VD I) e II: 624,16 ± 2,75g (CDA II e VD II).

%	CDAI	CDAII	VB	VD1	VD2
Matéria seca	68,87 ± 0,67 ^b	91,16 ± 8,26 ^a	93,83	64,62	85,53
Proteína bruta	95,34 ± 1,66 ^a	99,22 ± 2,17 ^a	60,07	57,28	59,60
Energia bruta (Kcal/Kg)	72,05 ± 5,86 ^b	91,10 ± 7,79 ^a	4471	3221,4	4073,08

(média±desvio padrão) da matéria seca, proteína bruta e energia bruta. Letras iguais na mesma linha indicam que não existe diferença estatística significativa entre os tratamentos (P>0,05).

Tabela 3 - Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente (CDA), valor bruto (VB) e valor digestível (VD) do concentrado proteico de soja (CPS) e do farelo de soja (FS) para juvenis de pirarucu ($624,16 \pm 2,75\text{g}$).

%	CDA_{CPS}	CDA_{FS}	VB_{FS}	VD_{FS}
Matéria seca	91,16 ± 8,26 ^a	82,72 ± 5,13 ^a	89,31	73,87
Proteína bruta	99,22 ± 2,17 ^a	90,14 ± 2,79 ^b	47,91	43,18
Energia bruta (Kcal/Kg)	91,10 ± 7,79 ^a	83,04 ± 3,43 ^a	4161	3455,29

(média±desvio padrão) da matéria seca, proteína bruta e energia bruta. Letras iguais na mesma linha indicam que não existe diferença estatística significativa entre os tratamentos ($P>0,05$).

ANEXO I – Comprovante de submissão do artigo à revista *Aquaculture Reports*.

Aquaculture Reports
Apparent digestibility coefficient of soybean by-products for juveniles of
Pirarucu (*Arapaima gigas* Cuvier 1829)
 --Manuscript Draft--

Manuscript Number:	AQREP-D-21-00450
Article Type:	Short Communication
Section/Category:	Feeding Management, Nutrition and Feeds
Keywords:	Amazonian fish; nutrition; diet; aquaculture
Corresponding Author:	Luana de Nazaré dos Anjos Aires, undergraduated Universidade Federal do Pará: Universidade Federal do Para Belém, Pará BRAZIL
First Author:	Luana de Nazaré dos Anjos Aires, undergraduated
Order of Authors:	Luana de Nazaré dos Anjos Aires, undergraduated Cristhian Alves de Queiroz Renata Silra de Oliveira Roselany de Oliveira Corrêa Rossineide Martins da Rocha
Abstract:	The objective of this study was to determine the Apparent Digestibility Coefficients (ADC) of Dry Matter (MS) Crude Protein (CP) and Gross Energy (GE) of soybean protein concentrate (SPC) for two weight classes of pirarucu (I and II), and to compare this with the ADC of soybean meal (SBM) for fish in class II. The ADCs were determined by the indirect method using chromium oxide as an inert marker. A total of 18 fish from class I were used in each tank (217.68 ± 5.51g) and 6 fish per tank for class II (524.16 ± 2.75g). There were significant differences between the two classes for the ADC of MS and the GE of the SPC, the yield for which was lower for individuals from class I (68.87 ± 0.67%; 72.05 ± 5.86%, respectively). There was no difference for the ADC of CP for SPC ($p > 0.05$) between weight classes. The comparison made between the ADCs of MS, CP, and GE of the SPC with the SBM for pirarucu from class II also showed no differences ($p > 0.05$) for the ADC of MS and GE. In contrast, the protein from SPC was better assimilated (99.22%) by the fish in class II ($p < 0.05$), which is a desirable characteristic of efficient feed formulations that are less polluting.
Suggested Reviewers:	Lígia Uribe Gonçalves ligia.goncalves@inpa.gov.br Débora Fracalossi debora.fracalossi@ufsc.br Eliane Tie Oba Yoshioka eliane.yoshioka@embrapa.br
Opposed Reviewers:	