

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ

MONALIZA FREITAS SENA

**FONTES DE ÓLEO NA ALIMENTAÇÃO DO PIRARUCU (*Arapaima
gigas*) E SUAS IMPLICAÇÕES NA ACEITABILIDADE DAS RAÇÕES,
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL**

**ILHÉUS/BA
2021**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE SANTA CRUZ

MONALIZA FREITAS SENA

**FONTES DE ÓLEO NA ALIMENTAÇÃO DO PIRARUCU (*Arapaima
gigas*) E SUAS IMPLICAÇÕES NA ACEITABILIDADE DAS RAÇÕES,
DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL**

Tese apresentada à Universidade Estadual de Santa Cruz,
como parte das exigências para obtenção do título de
Doutora em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção e Comportamento Animal

Orientador: Prof. Dr. Luís Gustavo Tavares Braga

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo Fortes da Silva

ILHÉUS -BA

2021

FONTES DE ÓLEO NA ALIMENTAÇÃO DO PIRARUCU (*Arapaima gigas*) E SUAS IMPLICAÇÕES NA ACEITABILIDADE DAS RAÇÕES, DESEMPENHO ZOOTÉCNICO E COMPOSIÇÃO CORPORAL

RESUMO

O pirarucu é um peixe muito apreciado na piscicultura, porém, pouco se sabe sobre suas exigências nutricionais. Objetivou-se avaliar a aceitabilidade de diferentes fontes de óleo, pelo comportamento ingestivo do pirarucu por meio de metodologia de auto seleção, bem como seu desempenho zootécnico. Para isso, o experimento foi dividido em três etapas: a primeira avaliou a capacidade do pirarucu em selecionar fontes de óleo tendo contato com as propriedades sensoriais da ração; a segunda obedeceu a mesma estrutura experimental da primeira e os mesmos animais, porém as rações foram encapsuladas para isolar as propriedades sensoriais da ração. Nessas duas etapas, dezoito exemplares de pirarucu ($319,47 \pm 3,6$ g) foram distribuídos em seis tanques de 100 L (três peixes por tanque) em um sistema de recirculação fechado de água com aeração, termostatos, além de filtragem mecânica e biológica. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) com quatro tratamentos e seis repetições, totalizando 24 unidades experimentais, nas duas primeiras etapas. Quatro rações foram formuladas com quatro fontes de óleo (milho, soja, canola e peixe). Em cada tanque foram colocados quatro alimentadores flutuantes, tipo cocho, para separação das diferentes rações. Em cada alimentador foi fornecida de forma simultânea e manual a ração contendo a fonte de óleo a ser testada. Na terceira etapa foi avaliado o desempenho zootécnico de juvenis de pirarucu alimentados com rações contendo diferentes fontes de óleo (soja, milho, canola, peixe marinho e tilápia), bem como, a análise histomorfometria das vilosidades intestinais e composição de ácidos graxos no músculo. Para isso foram utilizados 225 exemplares de pirarucu ($803 \pm 0,3$ g), distribuídos em 15 tanques de vinilona de 4m^3 (15 peixes/tanque) em um sistema de recirculação fechado de água com aeração, filtragem biológica e mecânica. O delineamento experimental utilizado foi o DIC com cinco tratamentos e três repetições, totalizando 15 unidades experimentais. O pirarucu é capaz de selecionar a ração com óleo de peixe, porém as fontes de óleo nas rações não causaram efeito sobre os parâmetros de crescimento da espécie.

Palavras-chave: Preferência Alimentar. Carnívoros. Ácidos Graxos. Nutrição

OIL SOURCES IN THE FEEDING OF PIRARUCU (*Arapaima gigas*) AND ITS IMPLICATIONS IN THE ACCEPTABILITY OF DIETS, ZOOTECHNICAL PERFORMANCE AND BODY COMPOSITION

ABSTRAT

Pirarucu is a very popular fish in fish farming, however, little is known about its nutritional requirements. The objective was to evaluate the acceptability of different oil sources, by the ingestive behavior of pirarucu using automatic selection methodology, as well as its zootechnical performance. For this, the experiment was divided into three stages: the first evaluated the pirarucu's ability to select oil sources having contact with the sensory properties of the feed; the second followed the same experimental structure as the first and the same animals, but as rations they were encapsulated to isolate the sensory properties of the ration. In these two stages, eighteen pirarucu specimens (319.47 ± 3.6 g) were distributed in six 100 L tanks (three fish per tank) in a closed water recirculation system with aeration, thermostats, in addition to mechanical classification and biological. The experimental design used was completely randomized (DIC) with four treatments and six replications, totaling 24 experimental units, in the first two stages. Four diets were formulated with four oil sources (corn, soybean, canola and fish). Four floating feeders, trough type, were transported in each tank to separate the different rations. In each feeder, the feed containing the oil source to be tested was required simultaneously and manually. In the third stage, the zootechnical performance of pirarucu juveniles fed on diets containing different oil sources (soybean, corn, canola, marine fish and tilapia) was evaluated, as well as a histomorphometric analysis of intestinal villi and fatty composition in the muscle. For this, 225 specimens of pirarucu (803 ± 0.3 g) were used, distributed in 15 4m³ vinylone tanks (15 fish / tank) in a closed water recirculation system with aeration, biological and mechanical filtration. The experimental design used was the DIC with five treatments and three replications, totaling 15 experimental units. The pirarucu is able to select the diet with fish oil, however, as sources of oil in the diets, they had no effect on the growth parameters of the species.

Keywords: Food Preference. Carnivores. Fatty acids. Nutrition

SUMÁRIO

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Introdução | 1 |
| 2 | Objetivos | 3 |
| | 2.1 Objetivo Geral | 3 |
| | 2.2 Objetivo Específico | 3 |
| 3 | Revisão de Literatura | 4 |
| | 3.1 Pirarucu | 4 |
| | 3.2 Modelo experimental de nutrição animal | 6 |
| | 3.2.1 Regulação da ingestão de nutrientes em animais | 7 |
| | 3.2.2 Como os peixes selecionam os alimentos na natureza | 9 |
| | 3.2.3 Capacidade dos peixes em compor uma dieta equilibrada | 10 |
| | 3.3 Lipídeos | 12 |
| 4 | Material e Métodos | 16 |
| | 4.1 Estrutura Experimental | 16 |
| | 4.2 Primeira Etapa Experimental | 17 |
| | 4.3 Segunda Etapa Experimental | 19 |
| | 4.4 Terceira Etapa Experimental | 20 |
| | 4.4.1 Histomorfometria intestinal | 22 |
| | 4.4.2 Análise química | 23 |
| | 4.5 Análise Estatística | 23 |
| 5 | Resultados | 24 |
| | 5.1 Etapa 1 e 2: seleção das rações | 24 |
| | 5.2 Etapa 3: Crescimento e composição corporal | 25 |
| 6 | Discussão | 28 |
| | 6.1 Etapa 1 e 2: seleção das rações | 28 |
| | 6.2 Etapa 3: Crescimento e composição corporal | 29 |
| 7 | Conclusão | 33 |
| 8 | Referências Bibliográficas | 34 |

1 INTRODUÇÃO

Os peixes buscam na natureza alimentos que irão atender suas exigências nutricionais garantindo assim a sua sobrevivência, crescimento e reprodução. Devido à diversidade de alimentos presentes no ambiente natural, esses animais acabam por criar mecanismos e estratégias no decorrer de sua vida para regular a ingestão de alimentos específicos e assim garantir uma nutrição eficiente e balanceada (FORTES-SILVA *et al.*, 2016). Seguindo esse pressuposto, as pesquisas mais modernas em nutrição de peixes buscam fazer uso desse “instinto animal” na realização de experimentos obtendo assim resultados mais precisos, voltados a realidade natural de cada espécie, garantindo o bem-estar desses animais (FORTES-SIVA *et al.*, 2016).

Os peixes são considerados em estado de bem estar, quando estão em condições de livre opção de escolha (VOLPATO *et al.*, 2007). Portanto, para que seja possível realizar experimentos nutricionais dando importância ao bem estar da espécie, se faz necessário proporcionar ao animal a livre opção em escolher pela dieta ou nutriente que melhor satisfaça suas necessidades nutricionais (FORTES-SILVA *et al.*, 2016).

Dentre os nutrientes utilizados nas rações para peixes, os lipídeos (óleos e gorduras) são fundamentais para a saúde, sobrevivência e sucesso das populações de peixes, exercendo diversas funções importantes (energéticas, estruturais, hormonais, precursores de eicosanoides e bioquímicas) (HALILOGLU *et al.*, 2003).

As gorduras e óleos que são utilizados, de modo quase universal, como formas de armazenamento de energia nos organismos vivos são derivados de ácidos graxos. Entre os ácidos graxos poli-insaturados mais conhecidos, estão os ácidos graxos linoleico (AL) e linolênico (ALN), presentes em óleos vegetais, sendo precursores de muitos outros derivados como o ômega-6 e ômega-3 (OLSEN, 1998). A quantidade da fração lipídica em peixes é reflexo da dieta consumida. Logo a composição, a distribuição e a relação entre as séries n-3 e n-6 nos peixes são influenciadas basicamente por fatores genéticos, ambientais e nutricionais. Além disso, a fonte de lipídeos utilizada na ração pode influenciar significativamente no crescimento e conversão alimentar dos peixes (VISENTAINER *et al.*, 2005).

Dentre as espécies de peixes cultivadas, o pirarucu (*Arapaima gigas*) vem ganhando espaço na piscicultura nacional devido as suas peculiaridades, as quais favorecem ao cultivo em cativeiro como: i) respiração dupla (aérea e branquial) proporcionando vantagens em ambientes que apresentam baixa concentração de oxigênio dissolvido na água, de modo a suportar elevadas densidades de estocagem; ii) rusticidade ao manuseio e iii) a fácil adaptação à alimentação artificial após condicionamento alimentar. Ainda assim, a espécie pode apresentar rápido crescimento e excelente ganho de peso chegando a alcançar até 10 kg de peso vivo no primeiro ano de cultivo (ONO, 2011; PEREIRA-FILHO *et al.*, 2003), além de agregar valores de mercado devido a qualidade da carne.

Apesar do grande potencial na piscicultura, a produção do pirarucu apresenta alguns entraves como a dificuldade na reprodução em cativeiro, dificuldade no transporte devido ao seu tamanho, bem como a incipiência de informações com relação às exigências nutricionais da espécie (RODRIGUES *et al.*, 2015), além da importância na utilização de fontes de ácidos graxos específicas que atendam às necessidades nutricionais da espécie.

Diante do exposto, foram realizados três experimentos com o objetivo de avaliar a aceitabilidade de diferentes fontes de óleo pelo comportamento ingestivo do pirarucu, por meio de metodologias de auto seleção, bem como avaliar o desempenho zootécnico, composição corporal e perfil de ácidos graxos das frações lipídicas na espécie alimentada com rações contendo as respectivas fontes de óleo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Avaliar a aceitabilidade de diferentes fontes de óleo pelo comportamento ingestivo do pirarucu, por meio de metodologias de auto seleção e desempenho zootécnico dos animais.

2.2 Objetivos Específicos:

- Investigar a preferência alimentar do pirarucu por rações contendo diferentes fontes de óleo (óleo de peixe, óleo de milho, óleo de canola e óleo de soja), considerando suas características organolépticas.

- Investigar a capacidade do pirarucu em selecionar rações com diferentes fontes de óleo, por características nutricionais pós-ingestivas.

- Avaliar o desempenho do pirarucu alimentados por rações contendo diferentes fontes de óleo;

- Avaliar a composição corporal do pirarucu alimentado com rações contendo diferentes fontes de óleo;

- Avaliar a histomorfometria intestinal do intestino delgado, correlacionando os possíveis efeitos das fontes do óleo sobre suas estruturas teciduais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Pirarucu, *Arapaima gigas*

O pirarucu (*Arapaima gigas*) (SHINZ, 1982), é considerado o maior peixe de água doce do mundo entre as espécies com escamas (BEZERRA *et al.*, 2014). De origem indígena, sua denominação foi formada através da junção da palavra “pira” que significa peixe, com a palavra “urucu” que significa vermelho (FONTENELLE, 1948). Nome atribuído a intensa coloração avermelhada nas nadadeiras caudal, dorsal e anal. Além dessa denominação, existem outras que irão variar de acordo ao local onde for encontrado, como paiche (Equador e Peru) e arapaiama (Guiana).

Como características favoráveis à piscicultura, o pirarucu possui respiração dupla (aérea e branquial), sendo a respiração aérea obrigatória e possibilitada pela bexiga natatória modificada, a qual permite a utilização de oxigênio diretamente do ar atmosférico aproximadamente a cada 15 minutos (CRESCÊNCIO *et al.*, 2005). Essa característica oferece vantagens em ambientes com baixa concentração de oxigênio dissolvido na água, além de permitir que o mesmo suporte altas densidades de estocagem, tornando-o propício para a piscicultura, desde que as demais qualidades da água estejam dentro da faixa de conforto da espécie.

Essa espécie possui hábito alimentar carnívoro e nas fases mais jovens a sua dieta é composta basicamente por invertebrados aquáticos, como insetos, moluscos e crustáceos (OLIVEIRA *et al.*, 2005; QUEIROZ, 2000). À medida que vão se desenvolvendo passam a se alimentar basicamente de peixes menores (QUEIROZ, 2000; WATSON *et al.*, 2013).

É uma espécie lântica, que não realiza migração reprodutiva e faz seus ninhos em locais de pouca movimentação de água (BEZERRA *et al.*, 2013). Possui hábito de formar casais, selecionando a área de criação e formando ninhos e o indicativo é de que são monogâmicos (TEIXEIRA, 2008; BEZERRA *et al.*, 2013). Os acasalamentos são naturais e, por isso a reprodução em ambientes de cultivo foge a um estrito controle humano (RODRIGUES *et al.*, 2015).

A maturidade sexual do pirarucu é lenta, ocorrendo geralmente aos cinco anos de idade e 1,60 m de comprimento total. Além disso, o pirarucu possui baixa fecundidade apesar da alta fertilidade dos adultos. Embora uma fêmea possa gerar um elevado número de óvulos maduros (20.000 a 100.000 óvulos maduros), apenas uma pequena parte é fecundada pelo macho (cerca de 430 ovos) dando origem a aproximadamente 300 larvas, que em condições naturais irá resultar em três ou quatro peixes adultos a cada ano (QUEIROZ, 2000; QUEIROZ, 2009; COUTINHO, 2008; ARANTES, *et al.*, 2011). Após sete dias, aproximadamente, os ovos fertilizados eclodem em larvas passando para o estágio de pós-larvas e permanecem sob proteção do macho até se tornarem independentes o suficiente para proteger a si mesmo das ameaças externas (BEZERRA *et al.*, 2013; FONTENELE, 1948).

Esta espécie apresenta comportamento carnívoro com pequenos dentes de formato cônico nos maxilares, sendo a captura da presa realizada por um movimento de sucção com a boca por meio de pressão negativa obtida com a oclusão das membranas do opérculo (PINESE, 1996) e auxiliada pela presença de placas dentígeras na região do palato em conjunto com a língua óssea (WATSON *et al.*, 2013). Outra característica importante, quando bem manejado, é de não apresentar canibalismo na fase de juvenil (CIPRIANO *et al.*, 2016) e aceitar facilmente a alimentação artificial após o treinamento alimentar (CAVERO *et al.*, 2003).

O estômago do pirarucu é elástico com pregas bem desenvolvidas, o que permite sua distensão, podendo aumentar de três a quatro vezes o seu volume. Possui também a ligação com o intestino lateralizada não permitindo que a presa force sua passagem pela sua válvula pilórica, diferentemente do que ocorre nos peixes com outros hábitos alimentares. Dessa forma, as grandes presas ingeridas por essa espécie podem ser acomodadas no estômago sem que este rompa a sustentação mesentérica do trato intestinal (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Anatomicamente o estômago possui uma porção pregueada e de coloração rosa (estômago enzimático ou corpo) e uma porção mais musculosa e lisa, de coloração levemente amarelada (estômago mecânico ou piloro). Seu intestino é relativamente curto, característica comum às espécies carnívoras, tendo sua área de absorção de nutrientes ampliada pela presença de cecos pilóricos na porção inicial do intestino, subsequente ao esfíncter pilórico (RODRIGUES *et al.*, 2015).

Em regiões próximas a bacia Amazônica, o pirarucu é uma importante fonte de renda para pescadores, entretanto, sua pesca é limitada e regulada por órgãos ambientais, de forma a evitar a redução dos estoques naturais, já que é uma espécie de topo na cadeia alimentar (CASTELLO *et al.*, 2011; CIPRIANO *et al.*, 2016). A limitação da pesca artesanal é um fator benéfico ao desenvolvimento da criação desta espécie em cativeiro, uma vez que estimula a produção de pirarucu a fim de atender a demanda existente (ITUASSÚ *et al.*, 2005).

Diante do exposto e das características atrativas para o cultivo, como por exemplo, o seu rápido crescimento, podendo alcançar até 10 kg no primeiro ano de cultivo (CIPRIANO *et al.*, 2016; ONO, 2011; PEREIRA-FILHO *et al.*, 2003), o rendimento de 50% do filé e rusticidade com tolerância a altas concentrações de amônia quando juvenis, (CAVERO *et al.*, 2004; CRESCÊNCIO, 2001; FOGAÇA *et al.*, 2011), esta espécie tem chamado a atenção de piscicultores e empresas aquícolas para o cultivo comercial.

A produção nacional do pirarucu em 2019 foi de quase duas mil toneladas em cativeiro, sendo a região Norte a maior produtora (IBGE, 2019). Esta espécie já é criada em toda região Norte do Brasil, principalmente em viveiros escavados e barragens, em diferentes densidades (com ou sem renovação de água) (SEBRAE, 2013). Nas regiões Centro-Oeste e Nordeste tem-se observado a implantação de projetos voltados para produção da espécie. Entretanto, a produção comercial do pirarucu ainda é incipiente (IBGE, 2019). Entre os principais gargalos que inviabilizam o crescimento de sua produção está o pouco controle sobre a reprodução, resultando em baixa oferta e alto custo de alevinos no mercado (CAMPOS *et al.*, 2012; LIMA *et al.*, 2015).

O pouco conhecimento sobre sua alimentação e nutrição é também um dos entraves para o desenvolvimento sustentável de sua criação comercial (RODRIGUES *et al.*, 2015), uma vez que o volume de informações disponíveis sobre a nutrição do pirarucu em cativeiro é limitado (CIPRIANO *et al.*, 2015).

3.2 Modelo experimental de nutrição animal

A viabilidade econômica da aquicultura depende principalmente da eficiência alimentar do animal, por meio da ingestão e utilização dos nutrientes presentes na dieta.

Portanto, os produtores devem fornecer ao animal rações balanceadas de acordo com as exigências nutricionais da espécie cultivada, para obter o potencial máximo de crescimento dos peixes com mínimo desperdício e impacto ambiental.

Para se produzir rações com níveis e quantidades de nutrientes específicos para as mais variadas espécies de peixes, experimentos científicos devem ser realizados. Visando redução no tempo de avaliação experimental e quantidade de animais, um novo método de avaliação vem sendo utilizado, levando em consideração as respostas comportamentais dos peixes confrontadas com as dietas estudadas, por meio da livre opção de escolha (FORTES - SILVA *et al.*, 2016). Esse conceito tem sido sugerido em estudos nutricionais com várias espécies de peixes (SÁNCHEZ- VÁZQUEZ *et al.*, 1999; RUBIO *et al.*, 2003; RUBIO *et al.*, 2009; FORTES-SILVA e SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2012).

Além de favorecer a pesquisa, esse modelo experimental também prioriza o bem estar animal, pois oferece a esses a livre opção de selecionar aquele alimento ou nutriente que melhor irá satisfazer as suas necessidades nutricionais. Pois, o animal é considerado em estado de bem estar quando se encontra em condições de livre opção de escolha (VOLPATO *et al.*, 2017). O modelo também otimiza a produção reduzindo custos com ração, conhecimento da regulação ou preferência alimentar de um determinado alimento, além do bem-estar do animal que também é levado em consideração.

Entretanto, a identificação desse estado de bem-estar em pisciculturas ainda é um desafio, principalmente quando não se conhece a necessidade e frequência alimentar da espécie produzida (FORTES – SILVA *et al.*, 2016).

3.2.1 Regulação da ingestão de nutrientes nos animais

Segundo Charles Darwin (1809-1882), a seleção natural afirma que as características vantajosas de uma população para um determinado ambiente são selecionadas e contribuem para a adaptação e sobrevivência das espécies. Na evolução, aquele animal que melhor se adapta ao meio é o que irá sobreviver às diversidades. Logo, esses animais evoluíram e adquiriram mecanismos comportamentais de regulação da ingestão como a percepção do conteúdo energético de um determinado alimento, a capacidade de identificar os nutrientes

através das características sensoriais e a existência de "fome específica" para regular a ingestão de nutrientes específicos (FORTES-SILVA *et al.*, 2016).

Com essa evolução, os animais se dividiram em especialistas e generalistas na utilização de suas estratégias de percepção do meio e assim buscar os alimentos específicos para satisfazer suas necessidades nutricionais (WOOTTON, 1999).

Um animal que vive em ambiente onde a variedade de alimentos é restrita é considerado especialista e precisa apenas adequar a quantidade de alimento a ser consumido para garantir o equilíbrio nutricional utilizando receptores de estiramento do estômago e intestino (SIMPSON e RAUBENHEIMER, 2001). Por outro lado, um animal, que cresceu em um ambiente heterogêneo, com variedade de alimentos de diferentes composições, precisam se alimentar de uma combinação desses alimentos e assim regular a quantidade total de cada nutriente consumido ao longo do tempo (FORTES-SILVA *et al.*, 2016). Nestes casos, o animal apresenta sistemas reguladores específicos para cada nutriente e assim obtém uma dieta balanceada (SIMPSON e RAUBENHEIMER, 2001). Por isso, se a ração é desbalanceada, provavelmente o animal consumirá mais do que necessita e conseqüentemente não alcançará sua demanda nutricional de forma satisfatória (SIMPSON e RAUBENHEIMER 2001; FORTES-SILVA *et al.*, 2012). Para tanto, quando é fornecida ao animal em cativeiro uma dieta desbalanceada, em frequência e quantidade que diferem da sua necessidade natural, esses animais acabam por ter problemas zootécnicos e sanitários, trazendo prejuízos ao produtor.

Em todos os vertebrados, a regulação do consumo, apetite e peso corporal é um fenômeno complexo que envolve interações elaboradas entre o cérebro e sinais periféricos. O cérebro, especificamente o hipotálamo, produz substâncias que estimulam (orexígenas) ou inibem (anorexígenas) a ingestão de alimentos. Essas substâncias podem estar diretamente relacionadas ao comportamento alimentar de rejeição ou maior apetite por um determinado alimento (FORTES-SILVA *et al.*, 2016).

Impulsos nervos, peptídeos, leptina, cortisol, glicose e insulina são substâncias que estão intimamente ligadas à regulação alimentar no centro do hipotálamo, com monoaminas e neuropeptídios, desempenhando importante papel na transmissão de sinais do sistema nervoso central (KULCZYKOWSKA e SANCHEZ-VAZQUEZ, 2010). Com estas

informações, os animais aprendem a associar o aumento ou redução no consumo de um determinado nutriente com suas consequências metabólicas, chamado de “recompensa” no pós-ingestão e pós-absorção (FORBES, 2001).

3.2.2 Como os peixes selecionam os alimentos na natureza

Três estados de conhecimento são relevantes para o comportamento alimentar: o aprendizado e a memória de curto prazo, alimentação via efeitos parentais e memória ancestral, a qual inclui o efeito do genótipo e fenótipo (HOLLAND,1984). Segundo esse mesmo autor, um animal nasce com um conjunto de expectativas acerca dos tipos de alimentos que poderão ser encontrados em seu habitat. Com o tempo esses animais desenvolvem experiência e aprendem a avaliar se um alimento é satisfatório ou não e se o fornecimento de nutrientes é suficiente para compensar suas necessidades nutricionais.

Para tanto, existem três tipos de aprendizados associados às consequências das necessidades nutricionais relatados para insetos e vertebrados: (a) aprendizado de associações positivas (lembrar-se de pistas que os levam a lugares onde o alimento é rico em nutrientes); (b) aprendizagem de aversões (lembrar-se de pistas que permitem o animal evitar locais associados a toxinas ou alimentos pobres em nutrientes) e (c) respostas não associativas (mudar o local para encontrar alimentos novos e mais atraentes que preencham uma deficiência nutricional) (BERTHOUD e SEELEY, 2000).

O conhecimento adquirido no decorrer da sua trajetória de vida, leva o animal a criar estratégias para o consumo alimentar e assim satisfazer as suas necessidades nutricionais. Se o animal não encontra num ambiente informações relevantes que o leve a consumir determinado alimento, esse pode preferir esperar ao ter que usar uma estratégia de busca aleatória (BARTUMEUS *et al.*, 2005). Em todo caso, o sucesso ou fracasso da sobrevivência de qualquer organismo está muitas vezes relacionado à sua capacidade de detectar e interpretar situações dentro do meio. Tais situações podem ser variadas, e podem beneficiar um organismo para ser altamente sintonizado aos sinais que o leve a manter sua sobrevivência ou oportunidades reprodutivas (HOLT e JOHNSTON, 2011).

A aprendizagem associativa pode ser uma explicação para a preferência alimentar dos animais por tipos específicos de alimentos. Esta se caracteriza por um fenômeno amplamente relatado em espécies diferentes de animais. Evidências sugerem que os animais escolhem um dado alimento exclusivamente por suas propriedades orossensoriais (gosto, textura, etc.) (FORTES-SILVA *et al.*, 2016). Por outro lado, há evidências convincentes que a seleção de alimentos por peixe é baseada apenas em pistas e sinais. Como por exemplo o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*), que é capaz de auto compor uma dieta equilibrada, por meio de vários desafios nutricionais, escolhendo dentre macronutrientes individuais encapsulados (e, portanto, com o mesmo odor e textura) usando apenas a cor da cápsula e o local de entrega como pista para selecionar os nutrientes adequados (RUBIO *et al.*, 2003).

A mesma capacidade de auto seleção de dietas encapsuladas foi relatada em diferentes espécies, como o Goraz Sharpshout (*Diplodus puntazzo*) (ALMAIDA-PAGÁN *et al.*, 2006), tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) (FORTES-SILVA *et al.*, 2011a, b) e tambaqui (FILHO *et al.*, 2017). Quando alimentados com dietas encapsuladas, foram capazes de selecionar o nutriente que melhor os satisfiziam nutricionalmente.

3.2.3 Capacidade dos peixes em compor uma dieta equilibrada:

A seleção de dietas também é uma ferramenta importante para investigar a resposta de peixes submetidos a desafios (privação de proteína ou gordura). Um dos maiores desafios foi no desenvolvimento de metodologias para alimentadores de demanda que permitissem o estudo da capacidade do peixe em compor uma dieta equilibrada de macronutrientes (FORTES-SILVA *et al.*, 2016). A opção de escolher entre três macronutrientes puros (proteína, lipídeos e carboidratos) em três alimentadores de demanda foi testada por vários autores em diferentes espécies de peixes (ALMAIDA-PAGAN *et al.*, 2006; SANCHEZ-VAZQUEZ *et al.*, 1999; ARANDA *et al.*, 2000; SANCHEZ-VAZQUEZ *et al.*, 1998) e em todos os casos, foi necessário fornecer aos peixes um desafio de jejum para provar a preferência por níveis selecionados das dietas. Desse modo, após a troca das dietas entre os alimentadores, os peixes mantiveram o consumo de cada macronutriente, retomando o padrão anterior de seleção. Quando o nutriente em questão foi diluído, os peixes responderam

aumentando a demanda de nutrientes e mostrando a capacidade de regular consumo e escolher um alvo nutricional.

A metodologia do alimentador de demanda fornece meios para avaliar as preferências alimentares dos peixes definindo a meta de consumo de cada nutriente oferecido. No entanto, esta metodologia não é capaz de separar os efeitos fisiológicos da ingestão de nutrientes e propriedades organolépticas. Portanto, foi necessário desenvolver uma nova metodologia para evitar o efeito do sabor, textura e cheiro. Surgiu então a ideia da encapsulação das dietas ou nutrientes para se ter um resultado de seleção pelos peixes sem a influência dessas características (FORTES-SILVA *et al.*, 2016).

O método de seleção fazendo uso de cápsulas envolve vários mecanismos que interagem para controlar fisiologia e comportamento. Entre esses mecanismos de controle, o sinal pré-ingestivo e pós-ingestivo fornece ao animal uma resposta comportamental relacionada ao alimento (FORTES-SILVA *et al.*, 2016). Assim, os peixes aprendem a associar as consequências metabólicas da ingestão de determinado alimento para um comportamento futuro (FORBES, 2001).

Os resultados fornecidos pela metodologia de nutrientes encapsulados sustentam as observações feitas usando auto alimentadores; isto é, os peixes são capazes de selecionar uma dieta de acordo com as suas necessidades nutricionais, independentemente das características organolépticas do alimento (ALMAIDA-PAGAN *et al.*, 2006; VIVAS *et al.*, 2006; ALMAIDAPAGAN *et al.*, 2008; FORTES-SILVA *et al.*, 2011 a, b; RUBIO *et al.*, 2005 a, b). Estes dados sobre seleção de dieta podem ser usados para formular rações e discutir questões como a regulamentação da ingestão de alimentos, preferências alimentares e bem-estar dos peixes relacionados à alimentação (FORTES-SILVA *et al.*, 2016).

No entanto, em alguns casos, quando são utilizadas cápsulas e os peixes precisam distinguir os nutrientes apenas por sinais pós-absortivos, essa metodologia se torna mais complexa para esses animais e requer mais de tempo para execução. Além disso, os protocolos relacionados a este assunto devem levar em conta as habilidades de observação do pesquisador, a capacidade do peixe de engolir cápsulas inteiras e deve-se garantir aos peixes o tempo necessário para exibir uma resposta fisiológica (FORTES-SILVA *et al.*, 2016).

3.3 Lipídeos

Os lipídeos são um grupo de compostos quimicamente diversos, cuja característica em comum que os define é a insolubilidade em água. Possuem diversas funções biológicas e químicas (estruturais, reserva energética e isolante térmico). Os fosfolipídios e os esteróis são os principais elementos estruturais das membranas biológicas. Outros lipídeos, embora presentes em quantidades relativamente pequenas desempenham papéis cruciais como cofatores enzimáticos, transportadores de elétrons, pigmentos fotossensíveis, âncoras hidrofóbicas para proteínas, chaperonas para auxiliar no enovelamento de proteínas de membrana, agentes emulsificantes no trato digestivo, hormônios e mensageiros intracelulares (NELSON e COX, 2014).

As gorduras e os óleos utilizados como formas de armazenamento de energia nos organismos vivos são derivados de ácidos graxos (AG). Os ácidos graxos, por sua vez, são derivados de hidrocarbonetos, com estado de oxidação quase tão baixo (altamente reduzido) quanto os hidrocarbonetos nos combustíveis fósseis (NELSON e COX, 2014).

Os AG são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas de comprimento variando de 4 a 36 carbonos (C4 a C36). Em alguns ácidos graxos, essa cadeia é totalmente saturada (não contém ligações duplas) e não ramificada; em outros, a cadeia contém uma ou mais ligações duplas. Alguns poucos contêm anéis de três carbonos, grupos hidroxila ou ramificações de grupos metila (NELSON e COX, 2014).

Os lipídeos são uma importante fonte de energia que pode ser utilizada na alimentação dos peixes (WILSON, 1998), pois são facilmente encontrados no mercado e fornecem, além da energia, uma quantidade considerável de ácidos graxos essenciais (STEFFENS, 1987). A utilização de lipídeos como fonte de energia varia conforme a espécie de peixe, dependendo de seu hábito alimentar, sendo que geralmente rações para peixes carnívoros podem ter níveis mais elevados de lipídeos que aquelas para onívoros e herbívoros (WILSON, 1998; EL-DAHAR e EL-SHAZLY 1993).

Segundo Visentainer *et al.* (2005), a qualidade da fração lipídica do peixe é um fiel reflexo da dieta consumida pelo animal. Assim a composição, distribuição e relação entre os

AG nos peixes são influenciadas basicamente por três fatores: genético, ambiental e alimentar (JUSTI *et al.*, 2003). Além disso, a fonte de lipídeos utilizada na ração pode influenciar significativamente no crescimento e conversão alimentar dos peixes (STICKNEY e MCGEANCHIN, 1983). Neste contexto, Wilson (1995) afirma que os óleos de origem vegetal são boas fontes de energia para peixes de clima tropical.

A inclusão de lipídeos na ração dos peixes pode levar ao aumento do nível de gordura corporal, sendo que este aumento está relacionado com o nível de inclusão, isto é, quanto maior o nível de lipídeo dietético maior o depósito de gordura no peixe (CYRINO, 1995). Contudo, para que os lipídeos possam exercer as suas funções no organismo do animal, uma série de processos metabólicos devem acontecer para que ocorra a digestão, absorção e transporte desse nutriente.

Óleos de origem animal ou vegetal são utilizados como ingrediente em rações para peixes de água doce, sendo que a principal fonte de ácidos graxos das rações comerciais provém do óleo de pescado. De maneira geral, o óleo de pescado marinho possui de 15 a 30% do total de ácidos graxos insaturados, sendo que destes aproximadamente 25 a 35% são de cadeia longa C20 e C22. Assim, os derivados do óleo de pescado marinho possuem alto teor de ácidos graxos docosahexanóico (DHA) e eicosapentanóico (EPA), e ainda quantidades significativas de ácido araquidônico (ARA), ausentes nos óleos vegetais (BELL E SARGENT, 2003).

Contudo, com o rápido crescimento da aquicultura mundial e o declínio dos estoques pesqueiros, tem se buscado nos óleos vegetais uma alternativa sustentável de substituição parcial ou total do óleo de pescado em dietas para peixes (BABALOLA *et al.*, 2011). Os óleos vegetais são fontes ricas em ácidos graxos da família n-6 e n-9, e seu custo é baixo em relação ao óleo de pescado marinho, além disso, são facilmente encontrados no mercado, porém, devem ser utilizadas a depender do custo e disponibilidade da matéria prima em cada região (WILSON, 1995; VARGAS *et al.*, 2007). Os óleos vegetais podem ser utilizados nas rações para peixes como única fonte de ácidos graxos, ou como misturas formuladas para reduzir a utilização do óleo de peixe nos totais de ácidos graxos saturados (SFA), monoinsaturados (MUFA) e poli-insaturados (PUFA). Esses óleos possuem composições variadas, mas podem ser classificados pelo ácido graxo de maior concentração. O óleo de

palma e coco por exemplo, são boas fontes de SFA, enquanto os óleos de oliva e canola de MUFA. O óleo de canola, comparado aos outros óleos existentes, apresenta o menor teor de ácidos graxos saturados (7%), possui alto teor de monoinsaturados (61%) e 32% de poli-insaturados, com 11% de ácido alfa-linoleico (n-3). Já o óleo de girassol, milho e soja, são fontes de PUFA da série n-6 e o óleo de linhaça de PUFA da série n-3 (MARTIN *et al.*, 2006) (Tabela 1).

Tabela 1- Teor médio de ácidos graxos dos principais óleos e gorduras utilizados em dietas para peixes

| Óleos ou gorduras | Ácidos graxos saturados (%) | Ácidos graxos monoinsaturados (%) | Ácidos graxos poli saturados (%) | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|-----------|
| | | | Série n-6 | Série n-3 |
| Canola ¹ | 7,9 | 62,6 | 20,87 | 6,78 |
| Milho ¹ | 15,2 | 33,4 | 49,94 | 0,96 |
| Oliva ¹ | 14,9 | 75,5 | 8,74 | 0,75 |
| Linhaça ² | 11,7 | 22,09 | 13,91 | 51,19 |
| Girassol ¹ | 10,6 | 25,4 | 62,22 | 0,39 |
| Soja ¹ | 15,2 | 23,3 | 53,85 | 5,72 |
| Peixe ¹ | 20-50 | 10-50 | 2-9 | 2-8 |
| Suíno ¹ | 30-40 | 40-50 | 9-12 | 1-2 |

¹ Tabela brasileira de composição de alimentos TACO (2006)

² Adaptado de Galvão (2009)

Alguns estudos foram realizados substituindo o óleo de peixe por óleos vegetais em rações para peixes de água doce. Porém essa substituição deve ser realizada com cautela uma vez que esses óleos podem não atender as exigências desses animais em ácidos graxos essenciais, principalmente os da série n-3. Higuchi *et al.* (2013) recomendam o uso do óleo de linhaça na alimentação de alevinos de tilápias do Nilo, devido à melhoria na razão entre n-6/n-3. Desta mesma forma, Ikeda *et al.* (2011) afirmaram que rações contendo óleos de linhaça, soja, canola e oliva não interferem no desempenho zootécnico de acará-bandeira. Estes autores sugerem que os peixes utilizam com eficiência os óleos vegetais em substituição ao óleo de peixe na dieta, sem comprometer o desempenho de crescimento ou a utilização dos nutrientes.

Entretanto, Abdel-Ghany *et al.* (2019), encontraram melhores resultados no crescimento e taxa de eficiência alimentar para tilápias do Nilo alimentadas com rações contendo óleo de peixe e a mistura de óleos (peixe, côco e milho), seguido da ração com óleo de milho.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética de Bem-estar Animal da Universidade Estadual de Santa Cruz, protocolo número 015/19. Todos os peixes utilizados no experimento foram fornecidos pela Aguavale Piscicultura, Igrapiúna-Bahia. As variáveis físico-químicas da água (temperatura, oxigênio dissolvido, pH e amônia) mantiveram-se entre 26°C, 7,5 mg.L⁻¹, 6,6 e 0,029 mg.L⁻¹, respectivamente. Demonstrando que o sistema de recirculação e aquecimento foi eficiente, mantendo a qualidade da água em níveis aceitáveis para a espécie (EMBRAPA, 2017).

4.1 Estrutura experimental

O experimento foi desenvolvido em três etapas. As etapas 1 e 2 avaliaram a preferência alimentar do pirarucu pelas quatro fontes de óleo testadas (óleo de peixe marinho, óleo de soja, óleo de milho e óleo de canola). Na primeira etapa foi avaliada a preferência alimentar do pirarucu por essas rações contendo as fontes de óleo, considerando suas características organolépticas. Na segunda etapa, foi avaliada a capacidade desses mesmos animais em selecionar as rações com diferentes fontes de óleo, por características nutricionais pós-ingestivas, para tanto, diariamente avaliava-se a ingestão de alimentos, resíduos e o percentual de seleção de cada ração. Essas etapas foram desenvolvidas no Laboratório de Nutrição e Comportamento Alimentar de Peixes (AQUA e AQUÁRIO) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (Cruz das Almas, Brasil) por um período de 74 dias (44 dias para a etapa 1 e 30 dias para etapa 2).

Na terceira etapa foi avaliado o desempenho zootécnico dos juvenis de pirarucu alimentados com diferentes rações contendo cinco tipos de óleos (óleo de peixe marinho, óleo de tilápia, óleo de soja, óleo de milho e óleo de canola). Essa etapa foi desenvolvida na Fazenda experimental do Almada da Universidade Estadual de Santa Cruz, município de Ilhéus-Bahia, por um período de 60 dias.

4.2 Primeira Etapa Experimental

Para avaliar a preferência alimentar do pirarucu por rações contendo as fontes de óleo: peixe, óleo de milho, óleo de canola e óleo de soja, dezoito exemplares de pirarucu (*Arapaima gigas*), com peso médio inicial de $319,47\text{g}\pm 3,6\text{ g}$, foram distribuídos em seis tanques de 100 L (3 peixes por tanque) em um sistema de recirculação com aeração, termostatos para aquecimento, além de filtragem mecânica e biológica. As variáveis físico-químicas da água (temperatura, oxigênio dissolvido e pH), foram avaliadas diariamente às 08:00hs e às 16:00hs com o auxílio do aparelho multiparâmetro (Hanna) e teor de amônia semanalmente às 08:00hs com o auxílio do Kit de amônia (Labcon Test).

Em cada tanque foram colocados quatro alimentadores flutuantes, tipo cocho, para separação das diferentes rações (Figura 1). Em cada alimentador foi fornecida de forma simultânea e manual a ração contendo a fonte de óleo a ser testada (óleo de peixe marinho, óleo de canola, óleo de milho e óleo de soja).



Figura 1- Alimentadores com rações experimentais em formato de cubos colorido.

Após pulverização dos óleos, as rações foram coradas manualmente com anilina comestível nas cores vermelho, verde, preto e laranja, diluídas em álcool 95%, para facilitar a identificação nos tanques, contagem das sobras e auxiliar na seleção pelos peixes. Posteriormente, as rações foram colocadas em estufa a 105°C por 24 horas e armazenadas em recipientes plásticos (Figura 2).



Figura 2 - Ração experimental em formato de cubos coloridos separadas em recipientes plásticos para arrazoamento.

Fonte: Arquivo pessoal

Com o objetivo de aumentar o tamanho dos péletes para que fossem proporcionais ao tamanho da boca dos animais, as rações, após confeccionadas, foram umedecidas em solução de gelatina e água (5% do peso das rações), colocadas em fôrmas de silicone em formato de cubos e refrigeradas. Os cubos possuíam peso conhecido e as sobras eram mensuradas por meio da contagem dos mesmos. Esse procedimento de aumento dos péletes foi realizado, pois não havia condições de produção de péletes maiores pela fábrica sem adição de óleo.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos (óleo de peixe marinho, óleo de canola, óleo de soja e óleo de milho) e seis repetições (tanques), totalizando 24 unidades experimentais (alimentadores). Durante 10 dias

foi fornecida ração comercial extrusada (4 mm) com 400 g kg⁻¹ de proteína bruta (PB), específica para peixes carnívoros às 14hs, como forma de adaptação dos peixes ao sistema. Passado esse período, foram fornecidas as rações testes no mesmo horário, na porcentagem de 1% da biomassa, dividida entre as quatro rações testadas (64g/ração). As cores e as rações foram variadas em cada caixa para diminuir o efeito da preferência pelas cores.

No momento do arraçoamento todas as rações eram fornecidas simultaneamente em cada alimentador e assim evitava-se que o peixe se alimentasse de uma ou outra ração primeiro. Os péletes das rações eram mantidos na água por 15min, sendo as sobras retiradas com o auxílio de uma peneira, separadas por cor e quantificadas, para cálculo do consumo. Após 20 dias de experimento foi feita restrição alimentar de quatro dias para observar se os animais continuariam escolhendo o mesmo alvo nutricional e no 25º dia o fornecimento foi reestabelecido por mais 20 dias, totalizando 44 dias de experimento.

4.3 Segunda Etapa Experimental

Nessa etapa foi avaliada a preferência alimentar do pirarucu pelas quatro fontes de óleo testadas (óleos de peixe marinho, soja, milho e canola), isolando as características organolépticas das rações para observar se os peixes continuariam defendendo o mesmo alvo nutricional. Para tal avaliação, foram utilizadas as mesmas quantidades de peixe, peso, rações e estrutura experimental da primeira etapa, porém nessa fase, as rações foram encapsuladas com cápsulas de diferentes cores (vermelho, verde, laranja e preto) de acordo com os diferentes tipos de óleos utilizados (óleo de peixe, óleo de canola e óleo de soja e óleo de milho) (Figura 3). Assim, os peixes não tiveram contato com as características químicas da ração então fornecida. Os animais dentro de cada tanque só poderiam utilizar a "cor da cápsula" como parâmetro para selecionar as dietas experimentais, associando a cor ao efeito pós-ingestão (RUBIO *et al.*, 2003). A relação entre a cor e o teor de óleo das cápsulas diferiam entre os tanques para excluir o efeito da cor na seleção da ração.



Figura 3-. Rações experimentais encapsuladas separas em recipientes plásticos.
Fonte: Arquivo pessoal

Para o encapsulamento das dietas, foram utilizadas cápsulas de gelatina (Mawin, - Brasil), nº 4. As rações foram comprimidas às cápsulas com o auxílio do encapsulador semiautomático (Ideal Equipamentos) para garantir que as cápsulas fossem completamente preenchidas. A quantidade de cápsulas fornecidas foi baseada no peso médio das cápsulas preenchidas com as rações. Cápsulas introduzidas a um determinado alimentador foram armazenadas em um único recipiente para todos os dias de experimento, evitando assim, qualquer contaminação externa.

4.4 Terceira Etapa Experimental

Nessa etapa foi avaliado o desempenho zootécnico dos juvenis de pirarucu alimentados com diferentes rações contendo cinco fontes de óleos (óleo de peixe marinho, óleo de tilápia, óleo de soja, óleo de milho e óleo de canola). Foram utilizados 225 exemplares de pirarucu com peso médio de $803 \pm 0,30$ g, distribuídos em quinze tanques de vinilona de $4m^3$ (15 peixes/tanque) em um sistema de recirculação com aeração, filtragem mecânica e biológica. Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado (DIC) com cinco tratamentos (óleo de peixe marinho, óleo de tilápia, óleo de soja, óleo de milho e óleo de canola) e três repetições. Cada tanque foi considerado uma unidade experimental.

Os peixes foram submetidos a um período de adaptação de sete dias às condições experimentais, quando foram alimentados às 8h00 e 16h00, até a saciedade aparente, com ração comercial extrusada (4 mm) com 400 g kg⁻¹ de proteína bruta (PB), específica para peixes carnívoros. Após o período de adaptação os peixes foram alimentados com as dietas experimentais (4 mm), formuladas utilizando programa SUPER CRAC® (Tabela 2) e confeccionadas pela empresa Pratigi Alimentos, com ingredientes convencionais sem adição de óleo. Após o processo de extrusão, as rações foram suplementadas de forma “on top”, com pulverização dos óleos (4,5%) (Tabela 2).

Tabela 2 – Composição centesimal e composição química das rações experimentais

| Ingrediente | Tratamentos | | | | |
|-------------------------------|--------------|---------------|----------------|---------------------|-----------------|
| | Óleo de soja | Óleo de milho | Óleo de canola | Ó. de peixe marinho | Óleo de tilápia |
| Farelo de soja 45% | 27,40 | 27,40 | 27,40 | 27,40 | 27,40 |
| Farelo de glúten de milho 60% | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 |
| Farinha de peixe 55% | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 | 14,50 |
| Farinha de carne e ossos 45% | 7,10 | 7,10 | 7,10 | 7,10 | 7,10 |
| Farinha de vísceras de aves | 7,10 | 7,10 | 7,10 | 7,10 | 7,10 |
| Farelo de trigo | 16,20 | 16,20 | 16,20 | 16,20 | 16,20 |
| Fubá de milho | 7,30 | 7,30 | 7,30 | 7,30 | 7,30 |
| Óleo de soja | 4,50 | | | | |
| Óleo de milho | | 4,50 | | | |
| Óleo de canola | | | 4,50 | | |
| Óleo de peixe marinho | | | | 4,50 | |
| Óleo de tilápia | | | | | 4,50 |
| Premix vit-min ¹ | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Sal comum | 0,287 | 0,287 | 0,287 | 0,287 | 0,287 |
| Antifúngico | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 | 0,080 |
| Antioxidante | 0,013 | 0,013 | 0,013 | 0,013 | 0,013 |
| Ácido ascórbico (vit. C) 35 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 | 0,020 |
| Total | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Composição química analisada | | | | | |
| Proteína bruta (%) | 41,75 | 41,65 | 40,04 | 42,75 | 41,30 |
| Energia bruta (Kcal/kg) | 4525 | 4640 | 4652 | 4698 | 4606 |
| Extrato etéreo (%) | 80,92 | 81,60 | 81,64 | 81,24 | 81,11 |
| Matéria seca (%) | 91,18 | 91,21 | 91,08 | 91,13 | 91,06 |
| Matéria mineral % | 8,07 | 8,08 | 8,24 | 7,84 | 8,10 |

¹Premix vitamínico mineral (composição/ kg do produto): vit. A = 6.000.000 IU; vit. D3 = 2.250.000 IU; vit. E = 75.000 mg; vit. K3 = 3.000 mg; vit. tiamina = 5.000 mg; riboflavina = 10.000 mg; vit. piridoxina = 8.000 mg; Biotina = 2000 mg; vit. C = 192.500 mg; Niacina = 30.000 mg; Ácido fólico = 3.000 mg; Fe = 100.000 mg; Cu = 600 mg; Mn = 60.000 mg; Zn = 150.000 mg; I = 4.500 mg; Cu = 15.000 mg; Co = 2000 mg; se = 400 mg.

A biometria dos animais foi realizada no início e ao final do período experimental, utilizando uma balança digital (METLER TOLEDO). Para a biometria final, foram contabilizados a quantidade de peixes e o peso individual para cada unidade experimental. Estes dados, associados ao consumo de ração durante o período experimental, foram utilizados para calcular as seguintes variáveis de desempenho produtivo:

Ganho de peso (GP) = (Peso corporal final - Peso corporal inicial);

Conversão alimentar (CA) = (Consumo da ração consumida / Ganho de peso);

Eficiência alimentar = (ganho de peso / ingestão de ração seca).

Taxa de crescimento específico (TCE) = $100 \times [(\ln \text{ peso final médio} - \ln \text{ peso inicial médio}) / \text{tempo}]$;

Taxa de eficiência proteica (TEP) = Ganho de peso corporal/Proteína consumida

4.4.1 Histomorfometria intestinal

Ao final do experimento um animal de cada unidade experimental foi retirado aleatoriamente e eutanasiado para remoção da porção inicial do intestino delgado. Essa região foi selecionada por ser considerada mais ativas nos processos de digestão e absorção dos nutrientes, quando comparadas com a região posterior. Os fragmentos foram fixados em formol tamponado a 10% por 24 horas e após esse período passaram por lavagens em álcool 70% (para a remoção total do fixador).

As análises histológicas foram realizadas no Laboratório de Patologia Animal da UESC. Após a recepção das amostras, estas foram submetidas às técnicas de rotina, como desidratação em concentrações crescentes de álcool (70 - 100%), diafanização em concentrações crescentes de xilol (70 - 100%) e inclusão em parafina (50°C) (TOLOSA et al., 2003).

As secções, com 6 µm de espessura, foram obtidas com auxílio de um micrótomo (Leica RM 2245) e em seguida coradas com Hematoxilina-eosina (H-E). As lâminas obtidas foram analisadas e fotografadas utilizando uma câmera digital acoplada a um microscópio óptico Olympus BX41. Foram realizadas mensurações da altura das vilosidades intestinais

(regiões anterior e média) dos peixes submetidos às rações experimentais, 20 vilosidades por tratamento. Para essas mensurações foi utilizado o programa Image-Pro Plus (Media Cybernetics - Versão 6.2).

4.4.2 Análises Químicas da composição corporal

Os mesmos animais eutanasiados para avaliação histológica foram utilizados para a determinação da composição química do músculo. A composição química das rações e do músculo dos peixes experimentais foram analisadas segundo AOAC (2016). Para determinação da matéria seca, as amostras foram liofilizadas com auxílio de um liofilizador (Modelo FreeZone, Labconco), em seguida foram moídas em moinho tipo faca, passadas em peneira de 0,5 mm e armazenadas sob refrigeração.

A determinação da energia bruta foi realizada no AQUANUT, com uso de bomba calorimétrica (Modelo IKA C200). As análises de proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral foram realizadas no Laboratório de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, campus de Itapetinga.

4.5 Análises Estatística

Nas etapas 1 e 2, a preferência relativa de cada ração foi expressa como a porcentagem de seleção da ração (100%), e foi transformada em arco seno antes da análise de variância a 5% de significância. Em todas as etapas foi aplicada análise de variância a 5% de significância e as diferenças entre as médias foram verificadas pelo teste de Tukey. Os dados foram processados no software R versão 3.6.0 com auxílio do editor Tinn-R versão 5.03. Foi realizada a análise de variância dos dados e utilizado, quando detectada a diferença significativa entre os tratamentos, o teste de Tukey com nível de significância de 5%, e para comprovar a homocedasticidade e a normalidade dos dados foram empregados os testes de Lilliefors e F-máximo de Hartley a 1% de significância.

5. RESULTADOS

5.1 Etapas 1 e 2: Seleção das rações

Na primeira etapa, apesar de haver alguns pontos de diferença estatística, não houve um padrão de seleção para nenhuma dieta específica (Figura 4).

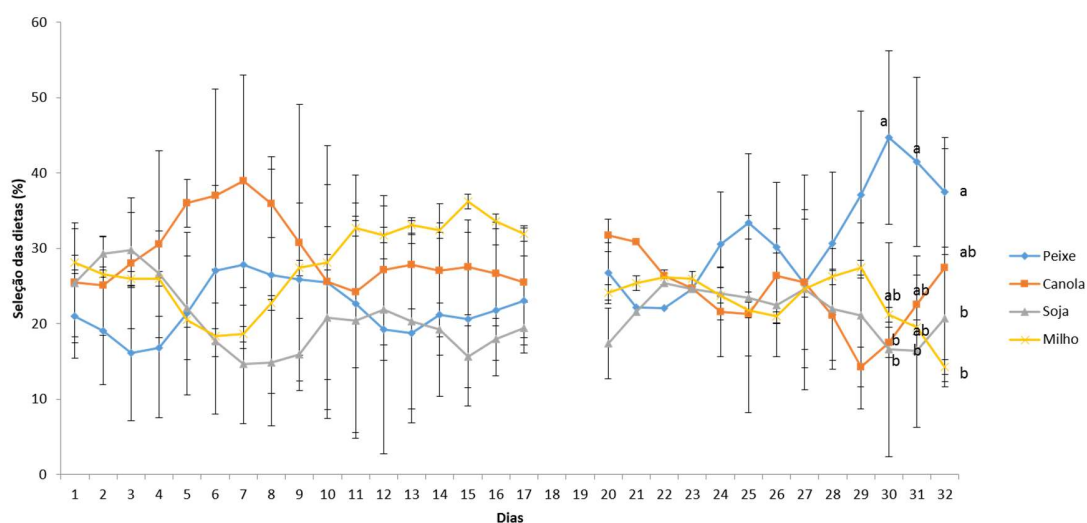


Figura 4 – Evolução diária da preferência alimentar dos juvenis de pirarucu pelas diferentes fontes de óleos (óleo de peixe, óleo de canola, óleo de milho e óleo de soja).

Na segunda etapa, não houve um padrão de preferência alimentar durante todo o período experimental (Figura 5).

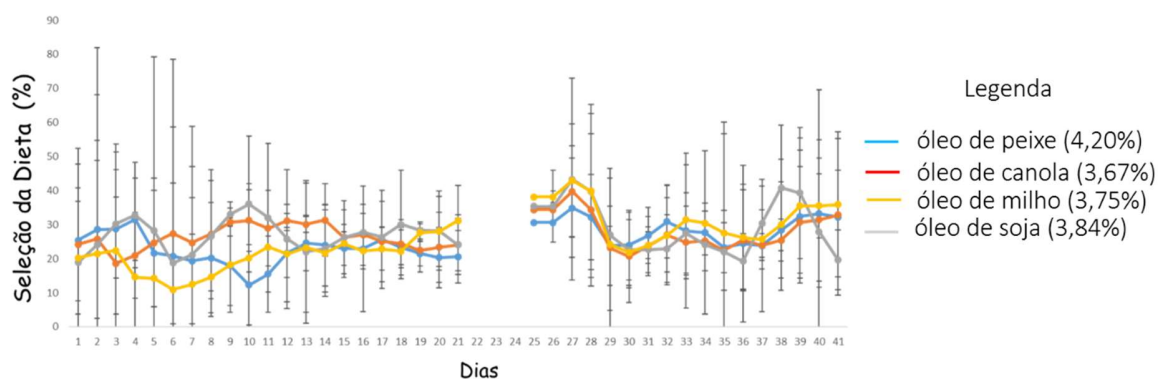


Figura 5 – Evolução diária da preferência alimentar do pirarucu pelas diferentes fontes de óleos (óleo de peixe, óleo de canola, óleo de milho e óleo de soja).

5.2 Etapa 3: Desempenho e composição corporal

As variáveis de crescimento dos peixes, incluindo ganho de peso, conversão alimentar, taxa de eficiência alimentar, taxa de crescimento específico, taxa de eficiência proteica e consumo de ração não foram afetados pela fonte de óleo da ração (tabela 3).

Tabela 3- Variáveis de desempenho produtivo de juvenis de pirarucu alimentados com rações contendo diferentes fontes de óleo no período de 40 dias

| Desempenho Zootécnico | Tratamentos | | | | | ANOVA, Turkey $\alpha= 0,05$ | |
|------------------------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------|------------------------------|---------|
| | Óleo de soja | Óleo de milho | Óleo de canola | Óleo de peixe marinho | Óleo de tilápia | CV (%) | P-VALOR |
| Ganho de peso (Kg) | 1,03 | 0,95 | 1,06 | 1,07 | 1,12 | 10,21 | 0,13 |
| Consumo de ração (Kg) | 1,07 | 1,05 | 1,09 | 1,06 | 1,06 | 8,81 | 0,91 |
| Conversão alimentar | 1,06 | 1,11 | 1,02 | 0,99 | 0,95 | 10,73 | 0,08 |
| Taxa de crescimento específico (%) | 1,76 | 1,86 | 1,71 | 1,65 | 1,58 | 10,12 | 0,13 |
| Taxa de eficiência proteica (%) | 24,88 | 23,42 | 27,03 | 25,29 | 27,13 | 9,90 | 0,36 |

CV: Coeficiente de variação.

Em relação a análise histológica, verificou-se que a altura das vilosidades na região proximal do intestino delgado não foi influenciada pelas fontes de óleo para juvenis do *Arapaima gigas*.

Não foi detectada diferença significativa entre os tratamentos para os teores de umidade, lipídios e proteínas no músculo de juvenis de pirarucu, porém a concentração de Energia Bruta do óleo de milho foi diferente da concentração do óleo de soja e tilápia, mas igual a concentração dos óleos de peixe marinho e canola (Tabela 4).

Tabela 4- Valores médios da composição química corporal (%) de filé de juvenis de pirarucu suplementados com diferentes fontes de óleo no período de 40 dias

| Variável | Tratamentos | | | | | ANOVA Turkey | |
|-------------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------|--------------|---------|
| | Óleo de soja | Óleo de milho | Óleo de canola | Óleo de peixe marinho | Óleo de tilápia | CV (%) | P-Valor |
| Extrato etéreo | 11,75 | 10,63 | 7,84 | 7,06 | 5,68 | 65,9 | 0,85 |
| Energia bruta (Kcal/Kg) | 5128a | 4126b | 4753ab | 4516ab | 4993a | 9,39 | 0,02 |
| Proteína bruta | 75,70 | 65,44 | 74,40 | 74,10 | 74,11 | 9,08 | 0,18 |
| Matéria seca | 34,77 | 36,69 | 28,89 | 30,85 | 31,58 | 13,6 | 0,26 |

CV= Coeficiente de Variação

A composição de ácidos graxos refletiu o conteúdo das rações em cada tratamento. Foi detectada maior concentração de EPA, DHA e n-3 no músculo dos peixes alimentados com as rações contendo óleo de peixe marinho, quando comparados com a quantidade nos músculos dos animais que se alimentaram com as rações que continham os óleos vegetais e de tilápia (Tabela 5). Maior concentração de ômega 6 e ômega 9 foi encontrada no músculo dos peixes quando comparados com a concentração de ômega 3.

Tabela 5- Perfil de ácidos graxos do músculo de juvenis de pirarucus alimentados com rações contendo diferentes fontes de óleo

| Variável ² | Tratamentos | | | | | ANOVA CV (%) | Turkey P-Valor |
|-----------------------|--------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| | Óleo de soja | Óleo de milho | Óleo de canola | Óleo de peixe marinho | Óleo de tilápia | | |
| C16:0 (%) | 1,92 | 1,84 | 1,28 | 1,28 | 1,07 | 62,53 | 0,88 |
| C16:1n7 (%) | 0,24 | 0,24 | 0,19 | 0,22 | 0,18 | 67,27 | 0,99 |
| C18:0 (%) | 0,89 | 0,76 | 0,64 | 0,64 | 0,47 | 53,02 | 0,89 |
| C18:1 n9c (%) | 3,09 | 3,07 | 2,36 | 1,70 | 1,38 | 75,41 | 0,80 |
| C18:2 n6c (%) | 4,39 | 3,89 | 2,25 | 1,84 | 1,72 | 78,09 | 0,65 |
| C18:3 n3 (%) | 0,39 | 0,22 | 0,26 | 0,13 | 0,12 | 80,85 | 0,66 |
| C20:0 (%) | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 241,76 | 0,77 |
| C20:1 n9 (%) | 0,03 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,02 | 102,32 | 0,58 |
| C20:2 (%) | 0,06 | 0,01 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 59,93 | 0,74 |
| C20:3n6 (%) | 0,16 | 0,14 | 0,11 | 0,09 | 0,12 | 43,63 | 0,79 |
| C20:4n6 (%) | 0,37 | 0,34 | 0,32 | 0,32 | 0,36 | 19,03 | 0,93 |
| C20:5n3 (%) | 0,00b | 0,00b | 0,01b | 0,14a | 0,01b | 201,97 | 0,000 |
| C22:6n3 (%) | 0,00b | 0,00b | 0,06b | 0,42a | 0,07b | 161,90 | 0,000 |
| Ômega 3(%) | 0,39 | 0,22 | 0,32 | 0,69 | 0,20 | 74,34 | 0,08 |
| Ômega 6(%) | 4,96 | 4,38 | 2,68 | 2,25 | 2,22 | 69,77 | 0,67 |
| Ômega 9(%) | 3,13 | 3,08 | 2,42 | 1,75 | 1,40 | 74,83 | 0,81 |
| IFA (%) ² | 8,77 | 7,93 | 5,64 | 4,94 | 4,03 | 68,85 | 0,82 |
| MUFA (%) ² | 3,37 | 3,32 | 2,45 | 1,97 | 1,58 | 73,86 | 0,84 |
| PUFA (%) ² | 5,41 | 4,61 | 3,04 | 2,98 | 2,45 | 66,02 | 0,78 |
| SFA (%) ² | 2,97 | 2,70 | 2,19 | 2,12 | 1,64 | 58,9 | 0,92 |

¹Médias na mesma linha seguidas de letras diferentes indicam diferenças estatísticas (P<0,05)

² Ácidos graxos insaturados (IFA(%)), Ácidos Graxos Monoinsaturados (MUFA(%)), Ácidos Graxos Poliinsaturados (PUFA(%)), Ácidos Graxos Saturados (SFA(%))

Com relação a concentração dos diferentes tipos de gorduras (saturadas, insaturadas, monoinsaturadas e poliinsaturadas) no músculo dos peixes, não houve diferença estatística significativa para essas concentrações.

6 DISCUSSÃO

6.1 Etapas 1 e 2: Seleção de rações

Os peixes fazem seleções de dietas com base em sua "sabedoria nutricional" para compor uma dieta balanceada que melhor se adapte às suas necessidades nutricionais (Simpson & Raubenheimer 2001). A hipótese proposta para a seleção alimentar é que a fonte de nutriente pode ser detectada por receptores gastrointestinais durante a digestão. Esses receptores desencadeariam sinais (atividade neural e hormônios) informando ao cérebro (hipotálamo), as propriedades nutricionais dos alimentos modificando o comportamento alimentar do peixe (Rubio et al. 2005).

Tanto na etapa 1, quanto na etapa 2, não houve preferência por nenhuma das rações fornecidas aos pirarucus. Nesse caso, podemos sugerir que os peixes se alimentaram de todas as fontes de óleo e que provavelmente as porcentagens ingeridas de cada, foram suficientes para assegurar um status homeostático nutricional que não foi capaz de provocar uma diferença na preferência.

Outra explicação seria a capacidade que alguns peixes de água doce possuem de dessaturar e alongar ácidos graxos da família n-3 em EPA e DHA (Tocher, 2015) e por esse motivo, mesmo quando alimentados com fontes de óleos com baixa concentração de n-3, foram capazes de garantir suas exigências nutricionais.

Esse resultado favorece os fabricantes de ração para peixes, pois com o rápido crescimento da aquicultura mundial e o declínio dos estoques pesqueiros, tem se buscado nos óleos vegetais uma alternativa sustentável de substituição parcial ou total do óleo de pescado em dietas para peixes (BABALOLA *et al.*, 2011). Os óleos vegetais são fontes ricas em ácidos graxos da família n-6 e n-9, e seu custo é baixo em relação ao óleo de pescado marinho, além disso, são facilmente encontrados no mercado, porém, devem ser utilizadas a depender do custo e disponibilidade da matéria prima em cada região (WILSON, 1995; VARGAS *et al.*, 2007).

Luz *et al.* (2016), quando trabalharam com a capacidade do robalo (*Dicentrarchus labrax*) de discriminar entre rações feitas com diferentes fontes de óleo, observaram que o robalo foi capaz de selecionar as fontes de óleo testadas, dando maior preferência para a rações que continha óleo de peixe em comparação as rações que continham óleos de origem vegetal ou sem adição de óleo. Esse resultado não corrobora com os verificados para o pirarucu, talvez porque o robalo é um peixe marinho com maior exigência em ácidos graxos n-3 e não possuem as enzimas elongase e dessaturase ativas.

Pereira *et al.* (2018), trabalhando com juvenis de tambaqui, identificaram que esses peixes após um jejum de 10 dias, só precisaram de alguns dias para estabelecer um padrão de preferência alimentar distinto, que apresentou uma maior ingestão da ração com óleo de peixe em comparação as rações contendo óleo de soja ou óleo de milho, diferente dos resultados encontrados neste trabalho.

6.2 Etapa 3: Crescimento e composição corporal

O experimento foi feito a campo e nos dias de mudança climática (chuvosos), percebia maior agitação dos peixes e assim alguns saltaram do tanque rompendo a tela de proteção. Com isso, nove mortalidades foram detectadas, mas claramente não foram devido aos tratamentos experimentais.

Os resultados deste estudo comprovam a hipótese de que as fontes de óleo testadas não têm nenhuma influência nos parâmetros de desempenho do pirarucu, os quais são capazes de expressar suas necessidades nutricionais por meio de respostas comportamentais. Isto pode ser explicado pela quantidade de energia e fontes de ácidos graxos presentes nos óleos das rações terem suprido igualmente as necessidades energéticas e de ácidos graxos dos peixes.

Segundo Visentainer *et al.* (2005), a qualidade da fração lipídica do peixe está diretamente relacionada a ração consumida pelo animal. Assim a composição, distribuição e relação entre os ácidos graxos nos peixes são influenciadas basicamente por três fatores: genético, ambiental e alimentar (JUSTI *et al.*, 2003).

Outro fato que corrobora com os resultados é a capacidade que alguns peixes tropicais de água doce possuem em realizar o processo de biossíntese de ácidos graxos com mais

eficiência do que os peixes marinhos. Esta capacidade permite a inclusão, na alimentação, de óleos vegetais, desde que contenham quantidades adequadas de ácido α -linolênico, que será então convertido em EPA, DHA e ARA pelo sistema enzimático do peixe (RIBEIRO PERES *et al.*, 2012).

Esses achados corroboram com os resultados encontrados por Correa *et al.* (2015), quando testaram fontes de óleo no desempenho de juvenis de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) e essas não afetaram o seu desempenho zootécnico em temperaturas de 28°C. Da mesma forma, diferenças no crescimento de jundiás alimentados com óleo de canola, de fígado de bacalhau e banha suína não foram observadas (MELO *et al.*, 2002). A utilização de óleos (soja, milho ou linhaça) na alimentação do surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*) também não proporciona diferenças no crescimento desta espécie (MARTINO *et al.*, 2002a).

A conversão alimentar indica a eficiência da alimentação fornecida no desempenho zootécnico animal, ou seja, quanto menor o índice de conversão alimentar, menos ração foi consumida para a produção de um quilo de peixe, sendo que as melhores conversões alimentares geralmente se encontram na faixa de 0,9 a 1,8 (KUBITZA, 2004).

A conversão alimentar encontrada neste trabalho está dentro da faixa satisfatória recomendada (KUBITZA, 2004). Esses resultados favorecem principalmente ao produtor, pois diminui os custos com ração por estar fornecendo uma ração mais barata (utilizando fontes de óleos mais baratas), além de redução no consumo/kg de peixe.

Esses resultados corroboram com os resultados encontrados por SANCHES *et al.* 2020, que também não encontraram diferença significativa na sobrevivência, consumo de alimentos e conversão alimentar de tilápias do Nilo alimentadas com rações contendo substituição total ou parcial do óleo de soja pelo óleo de tilápia e óleo de vísceras de aves. Os resultados de Losekan *et al.* (2008), também estão alinhados a estes achados quando trabalharam com fontes de óleo para alevinos de jundiá. Entretanto, Ramos *et al.* (2020), trabalhando com glutamina no desempenho de juvenis de pirarucu, encontraram índices de conversão alimentar superiores (2,5-3,1%).

Quanto a concentração de umidade, lipídios e proteína no músculo dos peixes, nenhuma diferença entre os tratamentos foi encontrada, porém houve uma menor concentração de energia bruta no músculo dos peixes que consumiram as rações com óleo

de milho. Normalmente, peixes tropicais de água doce possuem boa eficiência alimentar ao consumir fontes de óleos de origem vegetal, Esses resultados corroboram com os encontrados por Pereira *et al.* (2018), quando trabalharam com fontes de óleos (peixe, linhaça e milho) administradas ao tambaqui, diferindo apenas com relação a proteína bruta que foi maior nos peixes alimentados com a ração que continha óleo de milho.

Os ácidos graxos mais encontrados nos pirarucus alimentadas com diferentes fontes de óleos foram ácidos palmíticos (16:0); oleico (18:1n-9) e linoleico (18:2n-6). Baixa concentração de EPA, DHA e n-3 foram encontrados no músculo dos peixes alimentados com as rações contendo os óleos de origem vegetal e tilápia, quando comparados aos animais que se alimentaram com ração contendo óleo de peixe marinho. Tal tendência pode ser explicada, pois os óleos vegetais são fontes ricas em ácidos graxos da família n-6 e n-9, bem como o óleo de tilápia, por ser um peixe de água doce e esses, por sua vez são pobres em ômega 3 e ácidos graxos da família n-3. Os óleos de soja e milho, são excelentes fornecedores de ácidos graxos da família n-6, porém são pobres em ácidos graxos da família n-3. O óleo de canola, comparado aos outros óleos existentes, apresenta o menor teor de ácidos graxos saturados (7%), alto teor de monoinsaturados (61%) e 32% de poli-insaturados, com 11% de ácido alfa-linoleico (ômega-3). Em contrapartida, os derivados do óleo de pescado marinho possuem alto teor de ácidos graxos docosahexanóico (DHA) e eicosapentanóico (EPA) (Contreras, 1994), e ainda quantidades significativas de ácido araquidônico (ARA), ausentes nos óleos vegetais (BELL E SARGENT, 2003).

Com relação a concentração dos diferentes tipos de gorduras (saturadas, insaturadas, monoinsaturadas e poliinsaturadas) no músculo desses animais, não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Isso pode ser explicado porque os pirarucus aproveitaram bem os ácidos graxos presentes nas rações na conversão de energia. Esses achados não corroboram com os resultados encontrados por Sanches *et al.*, 2020 trabalhando com substituição total ou parcial de óleo de soja por óleo de tilápia e óleo de vísceras de aves em rações para tilápia do Nilo, onde houve diminuição corporal de ácidos graxos poli-insaturados e aumento nos teores de ácidos graxos saturados e monoinsaturados.

Em peixes, a digestão e absorção de ácidos graxos saturados e monoinsaturados é normalmente menor quando comparada a dos ácidos graxos poli-insaturados. Entretanto,

sabe-se que uma vez absorvidas as gorduras da ração, a energia proveniente da quebra dos triglicéridos em ácidos graxos de diferentes graus de insaturação é igualmente utilizada nos processos metabólicos, e assim, a energia digestível dessas gorduras dietéticas torna-se um bom indicador da biodisponibilidade de energia para os peixes (RIBEIRO PERES *et al.*, 2012).

7 CONCLUSÕES

Juvenis de pirarucu não têm preferência específica por nenhuma das fontes de óleo estudadas. Logo, podem ser utilizadas em suas dietas fontes de óleos vegetais (óleo de soja, óleo de milho, óleo de canola) sem interferir no seu desempenho zootécnico e vilosidades intestinais.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDEL-GHANY, H.M. et al. Dietary lipid sources affect cold tolerance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Journal of Thermal Biology**, v. 79, p. 50–55, 2019.

ADAMS, M. S. Ecological role of lipids in the health and success of fish populations. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C. **Lipids in freshwater ecosystems**. New York : Springer-Verlag Cap. 7, p. 132-160,1998.

ALCÂNTARA-BOCANEGRA, F. et al. Paiche: El gigante del Amazonas. **Instituto de Investigaciones de la Amazonia peruana**, Lima, 2006.

ALCÂNTARA, A. M. 2012. 43f. **Influência da adição de protease e lipase sobre a digestibilidade de ingredientes da dieta em juvenis de pirarucu (*Arapaima gigas*)**. Dissertação Mestrado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia /Universidade Nilton Lins, Manaus, Amazonas. 2012.

ALANARA, A. BRANNAS, E. Dominance in demand-feeding behaviour in Arctic charr and rainbow trout: the effect of stocking density. **Journal of Fish Biology**. v. 48, p. 242–254, 1996.

ALMAIDA-PAGAN, P. F. et al. Macronutrient selection through post-ingestive signals in sharpsnout seabream fed gelatine capsules and challenged with protein dilution. **Physiology e Behavior**. v. 88, p. 550–558, 2006.

ALMAIDA-PAGAN, P. F. et al. Energy intake and macronutrient selection in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) challenged with fat dilution and fat deprivation using encapsulated diets. **Physiology e Behavior**, v. 93, p. 474–480, 2008.

ANGLADE, I. et al. Characterization of trout galanin and its distribution in trout brain and pituitary. **Journal of Comparative Neurology**. v. 350, p. 63-74, 1994.

ANDRADE, P. D. M. M.; CARMO, M. G. T. Ácidos graxos n-3: um link entre eicosanoides, inflamação e imunidade. **Revista de Metabolismo e Nutrição**, v. 8, n. 3, p. 135-143, 2006.

ARANTES, C.C. et al. Environmental influences on the distribution of arapaima in amazon floodplains. **Environmental Biology of Fishes**. p.1-11, 2011.

ARANDA, A. Self-design of fish diets by means of self-feeders: validation of procedures. **Journal of Physiology Biochemistry**. v. 56, p. 155–166, 2000.

BABALOLA, T.O. et al. Differential effects of dietary lipids on growth performance, digestibility, fatty acid composition and histology of African catfish (*Heterobranchus longifilis*) fingerlings. **Food and Nutrition Sciences**, v.2, p.11-21, 2011.

BAKER, B. et al. Cloning and expression of melanin-concentrating hormone genes in the rainbow trout brain. **Neuroendocrinology**, v. 61, p. 67- 76, 1995.

BARTUMEUS, F. et al. Animal search strategies: a quantitative random-walk analysis. **Ecology**, v. 86, p. 3078–3087, 2005.

BELDA, M.C.R.; POURCHET-CAMPOS, M.A. Ácidos graxos essenciais em nutrição: uma visão atualizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.11, n.1, p.5-35, 1991.

BELL, J.G.; SARGENT, J.R. Arachidonic acid in aquaculture feeds: current status and future opportunities. **Aquaculture**, v.218, p. 491-499, 2003.

BELL, M.V.; DICK, J.R.; PORTER, A.E.A. Biosíntesis and tissue deposition of docosahexaenoic acid (22:6 n-3) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Lipids**, v.36, p.1153-1159, 2001.

BELLINGER, L. L. et al. Liver denervation attenuates the hypophagia produced by an imbalanced amino acid diet. **Physiology e Behavior**, v. 59, p. 925–929, 1996.

BERTHOUD, H. R; SEELEY, R. J. Neural control of macronutrient selection. **CRC Press**, Washington, 2000.

BETANCOR, M. B. et al. Influence of dietary docosahexaenoic acid in combination with other long-chain polyunsaturated fatty acids on expression of biosynthesis genes and phospholipid fatty acid compositions in tissues of post-smolt Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 172, p. 74-89, 2014.

BEZERRA, R.F. et al. Seasonality influence on biochemical and hematological indicators of stress and growth of pirarucu (*Arapaima gigas*), an Amazonian air-breathing fish. **The Scientific World Journal**, v. 4, p. 6, 2014.

BEZERRA, R.F. et al. Secondary indicators of seasonal stress in the Amazonian pirarucu fish (*Arapaima gigas*). In: Daniels JA (Ed.) *Advances in Environmental Research*. Nova Science Publishers, Inc. New York, n. 28, p. 233-244, 2013.

BLANCHARD, H. et al. Comparative effects of well-balanced diets enriched in α - linolenic or linoleic acids on LC-PUFA metabolism in rat tissues. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids (PLEFA)**, v. 88, n. 5, p. 383-389, 2013.

BLOMQUIST, A. G. et al. Strong evolutionary conservation of neuropeptide Y: sequences of chicken, goldfish, and *Torpedo marmorata* DNA clones. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 89, p. 2350–2354, 1992.

BOMBARDELLI, R. A. et al. Hormônio liberador de gonadotrofinas em peixes: aspectos básicos e suas aplicações. **Arquivos de Ciências Veterinária e Zoologia**, v. 9, p. 59–65, In Portuguese, 2006.

CALDER, P. C. Long-chain fatty acids and inflammation. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 71, n. 2, p. 284-289, 2012.

CALDER, P. C. Omega-3 fatty acids and inflammatory processes. **Nutrients**, v. 2, n. 3, p. 355-374, 2010.

CALDER, P. C.; YAQOUB, P. Omega-3 polyunsaturated fatty acids and human health outcomes. **Biofactors**, v. 35, n. 3, p. 266-272, 2009.

CALDER, P. C. n-3 polyunsaturated fatty acids, inflammation, and inflammatory diseases. **The American journal of clinical nutrition**, v. 83, n. 6, p. 1505-1519, 2006.

CAMPOS, J. L.; ONO, E.; KUBITZA, F. Aquaculture of Amazon fish in Latin America. **Global Aquaculture Advocate**, v. 15, n. 1, p. 56-58, 2012.

CASTELLO, L. Lateral migration de *Arapaima gigas* in floodplains of the Amazon. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 17, n. 1, p. 38-46, 2008.

CASTELLO, L. et al. Modeling population dynamics and conservation of arapaima in the Amazon. **Reviews in Fish Biology and Fisheries**, v. 21, p. 623-640, 2011.

CAVERO, B. A. S. et al. Densidade de estocagem de juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) em tanques-rede de pequeno volume. **Acta Amazônica**. v. 33, n. 4, p. 631-635, 2003.

CAVERO, B.A.S. 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.

CERDÁ – REVERTER, J. M. et al. Molecular evolution of the neuropeptide Y (NPY) family of peptides: cloning of three NPY-related peptides from the sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Regulatory Peptides**, v. 95, p. 25- 34, 2000.

CERDÁ-REVERTER, J. M; PETER, R. E. Endogenous melanocortin antagonist in fish: structure, brain mapping, and regulation by fasting of the goldfish agouti-related protein gene. **Endocrinology**, v. 144, p. 4552–4561, 2003.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. **Bioquímica ilustrada**. Ed. Artes Médicas, Porto Alegre, RS, 446p, 1997.

CRESCÊNCIO, R. **Treinamento alimentar de alevinos de pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829), utilizando atrativos alimentares**. 2001. 35 f. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, 2001.

CRESCÊNCIO, R. et al. Influência do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 12, p. 1217-1222, 2005.

CIPRIANO, F. S. Digestibility of animal and vegetable protein ingredients by pirarucu juveniles (*Arapaima gigas*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, p. 581-586, 2016.

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

CONTRERAS, E.S.G. **Bioquímica de pescados e derivados**. Jaboticabal: FUNEP, p. 315-324, 1994.

CORREA, C.F. **Fontes de ácidos Graxos da dieta no desempenho da tilápia-do-Nilo em temperatura ótima e subótima**. 2015. 106f. Tese (Doutorado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2015.

COUTINHO, E.S.S. **A Dinâmica populacional do pirarucu (*Arapaima gigas*) na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (RDSM), Amazônia**. Tese de doutorado em computação Científica, Laboratório Nacional de Computação Científica, Petrópolis, 2008. 191p.

CYRINO, J.E.P. Regulação nutricional do alimento. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXE E CRUSTÁCEOS, 1., 1995, Campos do Jordão. **Anais...** Campos do Jordão: Conselho Brasileiro de Nutrição Animal, 1995. p.69-91.

DODERO, S. R. et al. Efficacy and safety of conjugated linoleic acid on body fat reduction. **Nutrire: revista da sociedade brasileira de alimentação e nutrição**, São Paulo, SP, v. 36, n. 2, p. 91-108, 2011.

DRUMOND, G.V.F. et al. Características bioquímicas e hematológicas do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) de cultivo semi-intensivo na Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 40, p. 591-596, 2010.

EL-DAHAR, A.A.; EL-SHAZLY, K. Effect of essential aminoacids (methionine and lysine) and treated oil in fish diet on growth performance and feed utilization of Nile

tilapia, *Tilapia nilotica* (L.). **Aquaculture and Fisheries Management**, v.24, n.6, p.731-739, 1993.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. Alevinagem, recria e engorda de pirarucu.p.152, Brasília, DF, 2017

FILHO, E.C.T.N et al. Geometric approach to evaluate the energy/protein balance in tambaqui (*Colossoma macropomum*): Can fish ensure nutritional intake targets by postingestion signals? **Aquaculture Nutrition**, p. 1–7; 2017.

FOGAÇA, F. H. S. et al. Yield and composition of pirarucu fillet in different weight classes. **Acta Scientiarum**, v. 33, p. 95-99, 2011.

FONTENELE, O. Contribuição para o conhecimento da biologia do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier) em cativo (Actinopterygii, Osteoglossidae). **Revista Brasileira de Biologia**, v.8, n. 4, p. 445-459, 1948.

FORBES, J. M. Consequences of feeding for future. **Comparative Biochemistry and Physiology, Part A**, v. 128, p. 463–470, 2001.

FORNAZZARI, I. M. et al. Ácido graxo ômega 3 e a saúde humana. **V Semana de Tecnologia em Alimentos-UTFPR**. v. 02, n. 01. Ponta Grossa. 2007.

FORTES-SILVA. et al. Hybrid fish model (*Pseudoplatystoma reticulatum*♀ 3 *Leiarius marmoratus*♂) to study feeding behaviour: protein source self-selection and demand-feeding rhythms. **Aquaculture Research**, p.1–14, 2016.

FORTES-SILVA, R. et al. Dietary self-selection of protein-unbalanced diets supplemented with three essential amino acids in Nile tilapia. **Physiology e Behavior**, p. 639–644, 2012.

FORTES-SILVA, R. S., SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Use of self-feeders to evaluate macronutrient self-selection and energy intake regulation in Nile Tilapia. **Aquaculture**, 326–329, 168–172, 2012.

FORTES-SILVA, R., et al. Dietary self-selection of protein-unbalanced diets supplemented with three essential amino acids in Nile tilapia. **Physiology e Behavior**, v. 105, 639–644, 2012.

FORTES-SILVA, R. et al. Macronutrient selection in Nile tilapia fed gelatin capsules and challenged with protein dilution/restriction. **Physiology e Behavior**, v. 102, p. 356–360, 2011a.

FORTES-SILVA, R. et al. Effects of pretreating a plant-based diet with phytase on diet selection and nutrient utilization in European sea bass. **Aquaculture**, v. 319, p. 417–422, 2011b.

- FORTES-SILVA, R. et al. Daily feeding patterns and self-selection of dietary oil in Nile tilapia. **Aquaculture Research**, v.42, p. 157–160, 2010.
- FROYLAND, L. et al. Mitochondrial and peroxisomal β -oxidation capacities in various tissues from Atlantic salmon *Salmo salar*. **Aquaculture Nutrition**, v. 6, n. 2, p. 85-89, 2000.
- GIBSON, R. A. et al. Conversion of linoleic acid and alpha-linolenic acid to long-chain polyunsaturated fatty acids (LCPUFAs), with a focus on pregnancy, lactation and the first 2 years of life. **Maternal & child nutrition**, v. 7, p. 17-26, 2011.
- GLENCROSS, B. D. Exploring the nutritional demand for essential fatty acids by aquaculture species. **Reviews in Aquaculture**, v. 1, n. 2, p. 71-124, 2009, SIMOPOULOS, 2009.
- GRIFFIN, B. A. Lipid metabolism. **Surgery (Oxford)**, v. 31, n. 6, p. 267-272, 2013.
- HALILOGLU, H.I. et al. Comparisons of fatty acid composition in some tissues of rainbow (*Oncorhynchus mykiss*) living in seawater and freshwater. **Food Chemistry**, v.86, p.55-59, 2003.
- HASHIMOTO, T. Peroxisomal β -oxidation enzymes. **Neurochemical research**, v. 24, n.4, p. 551-563, 1999.
- HIGUCHI, L.H. et al. Quantificação de ácidos graxos de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com diferentes fontes de óleos vegetais. **Seminário: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1913-1924, 2013.
- HENDERSON, R. J. Fatty acid metabolism in freshwater fish with particular reference to polyunsaturated fatty acids. **Archives of Animal Nutrition**, v. 49, n. 1, p. 5-22, 1996.
- HERNANDES, F.; VALENTINI, M. P. Obesidade: causas e consequências em crianças e adolescentes. **Revista Faculdade de Educação Física da UNICAMP**, Campinas, v. 8, n. 3, p. 47-63, 2010.
- HOLLAND, P.C. Biology of learning in nonhuman mammals: group report. In: MARLER, P.; TERRACE, H.S., eds. **The biology of learning Berlin**, Springer-Verlag, 1984. p.533-51
- HOLT, D. E.; JOHNSTON, C. E. Can you hear the dinner bell? response of cyprinid fishes to environmental acoustic cues. **Journal animal behavior**, v. 82, p. 529–534, 2011.

- IKEDA, A.K. et al. Vegetable oil sources in diets for freshwater angelfish (*Pterophyllum scalare*, Cichlidae): growth and thermal tolerance. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.3, p.670-677, 2011
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA [IBGE]. **Produção da pecuária municipal**. Rio de Janeiro, 2018.
- ITUASSÚ, D.R. et al. Níveis de proteína bruta para juvenis de pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.255-259, 2005.
- JUSTI, K. C. et al. The influence of feed supply time on the fatty acid profile of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed on a diet enriched with n-3 fatty acids. **Food Chemistry**, v.80, p.489-493, 2003.
- KANG, J. X.; LIU, A. The role of the tissue omega-6/omega-3 fatty acid ratio in regulating tumor angiogenesis. **Cancer and Metastasis Reviews**, v. 32, n. 1-2, p. 201-210, 2013.
- KASLIN, J. et al. The orexin/hypocretin system in zebrafish is connected to the aminergic and cholinergic systems. **Journal of Neurosciense**, v. 24, p. 2678–2689, 2004.
- KATZ, D. Animals and man. Studies in comparative psychology. **Longmans, Green & Co**, London, 1937.
- KOMPARE, M.; RIZZO, W. B. Mitochondrial fatty-acid oxidation disorders. In: Seminars in pediatric neurology. **WB Saunders**, v. 15, n. 3, p. 140-149, 2008.
- KUBITZA, F. Reprodução, larvicultura e produção de alevinos de peixes nativos. Jundiaí: **Aqua Supre**, 2004. 82 p. (Coleção piscicultura avançada).
- KULCZYKOWSKA, E.; SANCHEZ-VAZQUEZ, F. J Neurohormonal regulation of feed intake and response to nutrients in fish: aspects of feeding rhythm and stress. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 654- 667, 2010.
- LEHNINGER, A.L. et al. Princípios de bioquímica. São Paulo: **SARVIER**. ed. 2ª, p. 839, 1998.
- LIMA, A. F. et al. Pirarucu culture in the Brazilian Amazon: fledgling industry faces technological issues. **Global Aquaculture Advocate**, v. 18, p. 56-58, 2015.
- LÓPEZ-LUNA, J., TORRENT, F., VILLARROEL, M. Fasting up to 34 (C days in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*, has little effect on flesh quality. **Aquaculture**, p. 63–70, 2014.

- LÓPEZ, M.; LELLIOTT, C. J.; VIDAL-PUIG A. Hypothalamic fatty acid metabolism: a housekeeping pathway that regulates food intake. **Bio Essays**, v. 29, p. 248–261, 2007.
- LÓPEZ-VÁSQUEZ, K. et al. Digestive enzymes of eight Amazonian teleosts with different feeding habits. **Journal of fish biology**, v. 74, n. 7, p. 1620-1628, 2009.
- LOSEKAN, M. E., et al. Alimentação do jundiá com dietas contendo óleos de arroz, canola ou soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.1, p.225-230, 2008.
- LUZ, R. K., et al. European seabass (*Dicentrarchus labrax*) ability to discriminate between diets made with different dietary fat sources. **Aquaculture Nutrition**, p.1-9, 2016.
- MARTIN, C.A. et al. Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*, Campinas, 19(6):761-770, nov./dez., 2006.
- MARTINO, R.C.; CYRINO, J.E.P.; PORTZ, L. et al. Effect of dietary lipid on nutritional performance of the surubim, *Pseudoplatystoma corruscans*. **Aquaculture**, v.209, p.209-218, 2002.
- MELO, J.F.B., et al. Desenvolvimento e composição corporal de alevinos de jundiá (*rhamdia quelen*) alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.2, p.323-327, 2002.
- MEURER, F. et al. Brown propolis extract in feed as a growth promoter of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Research**, v.40, n.5, p.603-608, 2009.
- MONROIG, Ó. et al. Biosynthesis of polyunsaturated fatty acids in marine invertebrates: recent advances in molecular mechanisms. **Marine drugs**, v. 11, n. 10, p. 3998-4018, 2013.
- MONROIG, O. et al. Long-chain polyunsaturated fatty acids in fish: recent advances on desaturases and elongases involved in their biosynthesis. In: **Proceedings of the XI International Symposium on Aquaculture Nutrition**. Universidad Autonoma de Nuevo Leon Monterrey, Nuevo Leon, Mexico. p. 257-282, 2011.
- MORAIS, S. et al. Long chain polyunsaturated fatty acid synthesis in a marine vertebrate: ontogenetic and nutritional regulation of a fatty acyl desaturase with $\Delta 4$ activity. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular and Cell Biology of Lipids**, v. 1821, n. 4, p. 660-671, 2012.
- MORAIS, S. et al. Highly unsaturated fatty acid synthesis in Atlantic salmon: characterization of ELOVL5-and ELOVL2-like elongases. **Marine Biotechnology**, v. 11, n. 5, p. 627-639, 2009.

NANTON, D. A. et al. Serum lipoproteins in haddock, *Melanogrammus aeglefinus* L. **Aquaculture nutrition**, v. 12, n. 5, p. 363-371, 2006.

NELSON, D.L.; COX, M.M. - **Princípios de bioquímica de Lehninger**. 6.^a ed. Porto Alegre, Editora Artmed, p. 1250, 2014.

NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of fish and shrimp**, National Academy, Washington, 2011.

OLIVEIRA, et al. Feeding of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*, Arapaimidae) in their natural environment, lago Quatro Bocas, Araguaiana-MT, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, v. 3, n. 2, p. 312-314, 2005.

OLSEN, Y. Lipids and essential fatty acids in aquatic foods webs: what can freshwater ecologists learn from mariculture. In: ARTS, M. T., WAINMAN, B. C **Lipids in freshwater ecosystems**, National Academy Press, cap. 8, p.161- 202,1998.

ONO, E.A. A produção do pirarucu: uma visão geral. **Panorama da aquicultura**, v.21, n. 123, p. 40-45, 2011.

ONO, E. A. et al. Digestibilidade aparente de dietas práticas com diferentes relações energia:proteína em juvenis de pirarucu. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.2, p. 249-254, 2008.

ONO, E. A. et al. Pirarucu, o gigante esquecido. **Panorama da Aquicultura**, v. 14, p. 14-25, 2004.

PALMERI, G. et al. Biometric, nutritional and sensory characteristic modifications in farmed Murray (*Maccullochella peelii peelii*) during the purging process. **Aquaculture** 287, 354–360, 2009.

PENDER-CUDLIP, M. C. et al. Delta-6-desaturase activity and arachidonic acid synthesis are increased in human breast cancer tissue. **The Official journal of the Japanese Cancer Association**, v. 104, n. 6, p. 760-764, 2013.

PEREIRA, R.T. et al. Oil sources administered to tambaqui (*Colossoma macropomum*): growth, body composition and effect of masking organoleptic properties and fasting on diet preference. **Applied Animal Behaviour Science**. p.103-1010, 2018.

PEREIRA-FILHO, M. et al. Cultivo do Pirarucu *Arapaima gigas* em Viveiro Escavado. **Acta Amazônica**, v.33, n. 4, p.715-718, 2003.

PEYO, P. et al. Molecular cloning and expression of cDNA encoding brain preprocholecystinin in goldfish. **Peptides**, v. 19, p. 199–210, 1998.

- PINESE, J. F. Morfologia funcional da alimentação do pirarucu (*Arapaima gigas*). 1996. 60 p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1996.
- PRETTO, A. Tratamento enzimático em farelo de crambe e aplicação em dietas para *Rhamdia quelen*. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 62-74, 2017.
- QUEIROZ, H. L. 2000. **Natural history and conservation of pirarucu, *Arapaima gigas* at the Amazonian várzea: red grants in muddy water**. Tese de Doutorado. University of St. Andrews, St. Andrews. 226 pp.
- RAMOS, A. P. S. et al. Glutamine use in feeding juvenile pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia**, v. 72, p. 1789-1796, 2020.
- RIBEIRO, P. A. P. et al. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 1331–1337, 2008.
- RIBEIRO, P. A. P. et al. Manejo nutricional e alimentar de peixes de água doce. 1. ed. Belo Horizonte: **FEPMVZ**, v. 1, p. 92, 2012.
- RODRIGUES, A. P. O. et al. Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). **Embrapa Pesca e Aquicultura** – Palmas, TO (2015).
- ROTTA, M.A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. **Embrapa** – Corumbá, MS, n.53, p. 49, 2003.
- RUBIO V. C. et al. Macronutrient selection through postingestive signals in sea bass fed on gelatine capsules. **Physiology of behavior**, p.795–803, 2003.
- RUBIO, V. C., et al. Macronutrient self-selection in *Solea senegalensis* fed macronutrient diets and challenged with dietary protein dilutions. **Aquaculture**, p.95–100, 2009.
- RUBIO, V.C. Fish macronutrient selection through post-ingestive signals: effect of selective macronutrient deprivation. **Physiology of behavior**, v. 84, p. 651–657, 2005a.
- RUBIO, V. C. et al. Effects of salinity on food intake and macronutrient selection in European sea bass. **Physiology of behavior**, v. 85, p. 333–339, 2005b.
- RUYTER, B. et al. Peroxisome proliferator activated receptors in Atlantic salmon (*Salmo salar*): effects on PPAR transcription and acyl-CoA oxidase activity in hepatocytes by peroxisome proliferators and fatty acids. **Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism**, v. 1348, n. 3, p. 331-338, 1997.

SALINI, M. et al. Marginal efficiencies of long chain-polyunsaturated fatty acid use by barramundi (*Lates calcarifer*) when fed diets with varying blends of fish oil and poultry fat. **Aquaculture**, v. 449, p. 48-57, 2015.

SANCHES, L.E.F., et al. Óleo de tilápia, óleo de vísceras de aves e suas combinações, em substituição ao óleo de soja, para alevinos de tilápias. **PUBVET**, v.14, n.6, a596, p.1-11, 2020.

SANCHEZ-VAZQUEZ, F. J. et al. 1994. Design and performance of an accurate demand feeder for the study of feeding behaviour in sea bass, *Dicentrarchus labrax* L. **Physiology of behavior**, v. 56, p. 789–794, In: AZZAYDI et al. 1998

SANCHEZ-VAZQUEZ, F. J. et al. Selection of macronutrients by goldfish operating self-feeders. **Physiology of behavior**, v. 65, p. 211–218, 1998.

SANCHEZ VAZQUEZ, F.J., et al. Macronutrient self-selection through demand-feeders in rainbow trout. **Physiology of behavior**, p.45–51, 1999.

SANTOS, F.W.B. Nutrição de peixes de água doce: definições, perspectivas e avanços científicos. Fortaleza, 2007. Disponível em:
<http://www.higieneanimal.ufc.br/anais/anaisb/aa24_2.pdf>. Acesso em: 28 mai.2017.

SARGENT, J.G.M. et al. Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish. **Aquaculture**, v.177, p.191-199, Amsterdam, 1999.

SARGENT, J. R. et al. The lipids. In: Halver, J.E., Hardy, R.W. (Eds.), **Fish Nutrition**, third ed. Academic Press, San Diego, p. 181–257, 2002.

SCHULZ, H., Oxidation of fatty acids in eukaryotes. In: Vance, D.E., Vance, J.E. (Eds.), **Biochemistry of Lipids, Lipoproteins and Membranes**. Elsevier, The Netherlands, p. 131-154, 2008.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS [SEBRAE]. **Manual de boas práticas de reprodução do pirarucu em cativeiro**. Brasília: SEBRAE, p. 76, 2013.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS [SEBRAE]. **Aquicultura: Um negócio rentável**. Oportunidades e Negócios, 2012.

SHERIDAN, M. A. Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry**, v. 107, n. 4, p. 495-508, 1994.

SIMOPOULOS, A. P. Evolutionary aspects of the dietary omega–6: Omega–3 fatty acid ratio: Medical implications. **World Review of Nutrition Dietetics**, v. 100, p. 1-21, 2009.

- SIMPSON, S. J.; RAUBENHEIMER, D. A framework for the study of macronutrient intake in fish. **Aquaculture Research**, v.32, p. 421–432, 2001.
- SOUZA, S.M.G. et al. Ácidos graxos Ômega-3 e Ômega-6 na nutrição de peixes – fontes e relações. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v.6, n.1, p. 63-71, Lages, 2007.
- SOUZA, V.L., URBINATI, E.C., OLIVEIRA, E.G. Restrição alimentar, realimentação e as alterações no desenvolvimento de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg,1887). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 24, p.19–24. 1997.
- STEFFENS, W. Principípios fundamentales de la alimentación de los peces. **Madri: Acribia**, p. 275, 1987.
- STICKNEY, R.R.; McGEACHIN, R.B. Effects of dietary lipid quality on growth and food conversion of tilápia. Proc. Annu. Conf. Southeast. **Association Fish and Wildlife Agencies**, v.37, p.352-357, 1983
- SWENSON, M.J.; REECE, W.O. **Dukes: fisiologia dos animais domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1996.
- TEIXEIRA, A.S. The monotony of transferrin and esterase electrophoretic patterns in pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) from Santa Cruz Lake, Tefé River, Amazonas, Brazil. **Genetics Molecular Researchers**, v. 7, n. 2, p. 407-416, 2008.
- TOCHER, D.R. Omega-3 long-chain polyunsaturated fatty acids and aquaculture in perspective. **Aquaculture**, 449, 94–107, 2015.
- TOCHER, D. R. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. **Reviews in Fisheries Science**, v.11, n.2, p-107-184, 2003.
- TOCHER, D. R. Fatty acid requirements in ontogeny of marine and freshwater fish. **Aquaculture Research**, v. 41, n. 5, p. 717-732, 2010.
- TOLOSA, E.M.C. et al. Manual de técnicas para histologia normal e patológica. 2.ed. **São Paulo: Manole**, v. 331, p. 2003.
- TORSTENSEN, B. E. et al. Gene expression of fatty acid-binding proteins, fatty acid transport proteins (cd36 and FATP) and β -oxidation-related genes in Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fed fish oil or vegetable oil. **Aquaculture Nutrition**, v. 15, n. 4, p. 440-451, 2009.
- TORSTENSEN, B. E.; TOCHER, D. R. The effects of fish oil replacement on lipid metabolism of fish. In: **Fish Oil Replacement and Alternative Lipid Sources in Aquaculture Feeds** (Turchini, G.M., Ng, W.K., Tocher, D.R. eds), p. 405-437, 2010.

UNNIAPPAN, S. et al. Goldfish ghrelin: molecular characterization of the complementary deoxyribonucleic acid, partial. **Endocrinology**, v. 143, p. 4143-4146, 2002.

VARGAS, R.J; BESSONART, M. Análisis preliminares de la composición lipídica de las gónadas de bagre negro, *Rhamdia quelen* (Siluriformes; Quoy y Gaimard, 1824) de dos poblaciones en diferentes estaciones del año. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.33, n.01, p.93-98, 2007.

VISENTAINER, J. V. et al. Influence of diets enriched with flaxseed oil on the α -linolenic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic fatty acid in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Food Chemistry**, v.90, p.557-560, 2005.

VIVAS, M. Dietary self-selection in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) fed paired macronutrient feeds and challenged with protein dilution. **Aquaculture**, v. 251, p. 430–437, 2006.

VOLKO, V. H. et al. Stimulation of feeding behavior and food consumption in the goldfish, *Carassius auratus*, by orexin-A and orexin-B. **Brain Research**, v. 846, p. 204–209, 1999.

VOLPATO, G. L. Considerações metodológicas sobre os testes de preferência na avaliação do bem-estar em peixes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 53–61, 2007.

WANG, Y.; CONLON, J. M. Purification and characterization of galanin from the phylogenetically ancient fish, the bowfin (*Amia calva*) and dogfish (*Scyliorhinus canicula*). **Peptides**, v. 15, p. 981–986, 1994.

WATSON, L.C. et al. Trophic ecology of Arapaima in Guyana: giant omnivores in neotropical floodplains. **Neotropical Ichthyology**, v. 11, n. 2, p. 341-349, 2013.

WEN, Z. Y; CHEN, F. Heterotrophic production of eicosapentaenoic acid by microalgae. **Biotechnology advances**, v. 21, n. 4, p. 273-294, 2003.

WILSON, R. P. State of art of warmwater fish nutrition. In: AQUICULTURA BRASIL'98, 1., 1998, Recife. **Anais...** Recife: SIMBRAQ, 1998. p.375-380.

WILSON, R. P. Lipid nutrition of finfish. Nutrition and utilization technology. In: LIM, C; SESSA, D.J. (Eds.) **Nutrition and utilization technology in aquaculture**. Champaign: AOAC Press, 1995. p.74-81.

WOOTTON, R.J. Ecology of teleost fish. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999. 386 p.

ZHENG, X. et al. Physiological roles of fatty acyl desaturases and elongases in marine fish: characterization of cDNAs of fatty acyl $\Delta 6$ desaturase and elov15 elongase of cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 290, n. 1, p. 122-131, 2009.