



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA AQUÁTICA E PESCA

Ana Carolina de Sousa

**Níveis crescentes de fibra dietária no desempenho zootécnico
e na histologia do fígado do *Baryancistrus xanthellus*
(Siluriformes, Loricariidae)**

Belém - Pará

2016

Níveis crescentes de fibra dietária no desempenho zootécnico e na histologia do fígado do *Baryancistrus xanthellus* (Siluriformes, Loricariidae)

Ana Carolina de Sousa

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca da Universidade Federal do Pará como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia Aquática e Pesca.

Orientador: Dr. James Tony Lee

Co-Orientadora: Dra. Cláucia Aparecida Honorato da Silva

Belém - Pará

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFPA

Sousa, Ana Carolina de, 1991-

Níveis crescentes de fibra dietária no desempenho zootécnico e na histologia do fígado do *baryancistrus xanthellus* (siluriformes, loricariidae) / Ana Carolina de Sousa. - 2016.

Orientador: James Tony Lee;

Coorientadora: Cláucia Aparecida Honorato da Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca, Belém, 2016.

1. Aquicultura. 2. Peixe - Alimentação. 3. Nutrição - Aspectos fisiológicos. 4. Peixe ornamental. I. Título.

CDD 22. ed. 639.8

Dedico às minhas três mães, que sempre me apoiaram e me ajudaram durante minha jornada acadêmica. Dedico também a minha irmã (in memoriam) cuja presença sempre sinto em minha vida seja nos momentos de perdas ou de vitórias.

“Uma vida boa é aquela inspirada
pelo amor e guiada pelo
conhecimento” (Bertrand Russel)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus por ter me dado o dom da vida, por iluminar e guiar meu caminho para que eu nunca desista dos meus objetivos.

Às minhas três mães pelo amor, pela dedicação, pelo apoio, por acreditarem no meu potencial e por sempre estarem ao meu lado nos momentos tristes e alegres.

À Universidade Federal do Pará por ter sido a instituição onde adquirir boa parte dos meus conhecimentos.

Ao Professor Dr James Tony pela orientação, ensinamento, paciência e confiança em mim depositada.

À Professora Dra Claucia Aparecida Honorato pelos ensinamentos e contribuições para a realização deste trabalho.

Ao Mestre Rudã Fernandez pela formulação das rações experimentais e por suas contribuições nesta presente pesquisa.

À Empresa de exportação de peixes ornamentais Takemura Sakari Aquarium por conceder o espaço para a realização do experimento e pelo fornecimento dos peixes estudados.

Ao Projeto Arapaima por também fornecer alguns peixes para a realização do experimento.

À minha amiga Yanne Alves Mendes pela imensa ajuda e ensinamentos na parte histológica do trabalho.

Aos meus amigos de laboratório Rafael e Tatiana por terem me ajudado nos momentos em que necessitei.

À todos os meus colegas e amigos do Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática pelos momentos de descontração e alegria ao longo do curso.

À CAPES pela concessão da bolsa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática (UFPA).

Aos professores que ministraram as disciplinas do curso de mestrado e que muito contribuíram para o meu conhecimento aqui empregados.

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta e indireta auxiliaram na condução deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	IX
RESUMO.....	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Nutrição e alimentação de peixes	2
1.2. Características e funções das fibras	3
1.3. Fibras na alimentação de peixes	6
2. OBJETIVOS	8
2.1. Objetivo geral	8
2.2. Objetivos específicos.....	8
3. MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1. Manejo e condições ambientais	9
3.2. Dietas experimentais.....	9
3.3. Avaliação dos parâmetros de desempenho zootécnico.....	10
3.4. Avaliação dos parâmetros sanguíneos.....	11
3.5. Avaliação histológica do fígado	11
3.6. Análise estatística	12
4. RESULTADOS	13
4.1. Desempenho zootécnico	13
4.2. Parâmetros sanguíneos	16
4.3. Histologia do fígado	17
5. DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÃO.....	24
7. REFERÊNCIAS	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição das dietas experimentais.....	10
Tabela 2: Médias de glicose, colesterol e triglicerídeos do <i>Baryancistrus xanthellus</i> alimentados com diferentes níveis de fibra.....	17

LISTA DE FIGURAS

Figura-1: <i>Baryancistrus xanthellus</i> na fase juvenil.....	2
Figura-2: Esquema dos principais efeitos das fibras solúveis e insolúveis no trato digestivo.....	5
Figura-3: Ganho de Peso Diário (média \pm desvio padrão) do <i>Baryancistrus xanthellus</i> alimentados com diferentes níveis de fibra.....	13
Figura-4: Consumo diário (média \pm desvio padrão) do <i>Baryancistrus xanthellus</i> alimentados com diferentes níveis de fibra.....	14
Figura-5: Conversão alimentar (média \pm desvio padrão) do <i>Baryancistrus xanthellus</i> alimentados com diferentes níveis de fibra.....	14
Figura-6: Taxa de crescimento específico (média \pm desvio padrão) do <i>Baryancistrus xanthellus</i> alimentados com diferentes níveis de fibra.....	15
Figura-7: Relação peso e comprimento da espécie <i>Baryancistrus xanthellus</i>	15
Figura-8: Fator de Condição (média \pm desvio padrão) do <i>Baryancistrus xanthellus</i> alimentados com diferentes níveis de inclusão de fibra na dieta.....	16
Figura-9: Fotomicrografia do fígado do <i>Baryancistrus xanthellus</i>	19

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a influência de níveis crescentes de inclusão de fibras na alimentação do loricarídeo *Baryancistrus xanthellus* e seus efeitos no desempenho zootécnico, nos parâmetros bioquímicos sanguíneos e na histologia do fígado da espécie. Foram utilizados 90 juvenis de *B. xanthellus* distribuídos em 15 aquários de alimentação com capacidade de 80L. Os peixes foram alimentados com cinco dietas experimentais contendo por substituição 2, 9, 15, 20 e 25% de fibra bruta, em um delineamento com três repetições para cada nível de fibra. Foram avaliados a taxa de crescimento específico, conversão alimentar, consumo alimentar, ganho de peso e fator de condição relativa como indicadores de desempenho. As concentrações de glicose, triglicerídeos e colesterol foram aferidas no sangue, sendo realizada também a análise histológica do fígado do animal no final do experimento. No ganho de peso diário, apenas os indivíduos que se alimentaram da dieta com 25% de fibra se diferenciaram dos demais tratamentos apresentando a maior média. Os indivíduos que se alimentaram com 25% de fibra também obtiveram maior consumo diário de ração em relação aos demais níveis testados. Na análise sanguínea as menores concentrações de glicose e de triglicerídeos foram observadas nos peixes alimentados com as maiores concentrações de fibra (15% a 20%), enquanto que as concentrações de colesterol não foram alteradas com o aumento dos níveis de fibra na dieta. A análise histológica mostrou que os peixes alimentados com 2 e 9% de fibra bruta apresentaram, respectivamente, alterações como vacualização e hipertrofia dos hepatócitos, enquanto que o fígado dos indivíduos alimentados com os demais níveis testados não sofreu alterações. Resultados do presente estudo indicam que os *B. xanthellus* apresentam boa resposta quanto ao desempenho em altos níveis de inclusão de fibra na dieta, além de preservar a normalidade histológica do fígado, ao contrário das dietas com níveis mais baixos de fibra (2 e 9%) que apontaram alterações hepáticas e piores resultados nos parâmetros de desempenho.

Palavras chave: Aquicultura, Peixe ornamental, Nutrição de peixes, Acari

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the influence of dietary fiber on the growth performance, blood biochemical parameters and liver histology of the loriciid *Baryancistrus xanthellus*. Ninety *B. xanthellus* juveniles were used and distributed in 15 aquariums with 80 L capacity. Fish were fed five experimental diets containing 2, 9, 15, 20 and 25% crude fiber in three replicate tanks for each level of fiber used. The study evaluated the specific growth rate, feed conversion, feed consumption, weight gain and relative condition factor as indicators of growth performance. Concentrations of glucose, triglycerides and cholesterol in blood over increasing concentrations of fiber in the diet were also evaluated. Additionally, histological analyses of the liver were performed at the end of the experimental period. The daily weight gain, only individuals that fed the diet with 25% fiber were different from other treatments presenting the highest average. Individuals who were fed with 25% fiber also had higher daily feed intake in relation to other levels tested. Blood glucose and triglycerides were lower in fish fed the highest concentrations of fiber (15% to 20%), while cholesterol concentrations were unchanged with increasing levels of fiber in the diet. Liver of fish fed 2 and 9% fiber had alterations such as vacuolation and hypertrophy of hepatocytes, whereas the liver of individuals from other treatments were unchanged. Results of this study indicate that the *B. xanthellus* have good response performance in high fiber inclusion levels in the diet, in addition to preserving histological normality liver, unlike diets with lower levels of fiber (2% and 9%) that showed alterations hepatic and worse results in performance parameters.

Key Words: Aquaculture, Ornamental Fish, Fish Nutrition, Acari

1. INTRODUÇÃO

A bacia do Rio Xingu apresenta mais de 420 espécies de peixes sendo a maioria endêmicas (ZUANON, 1999). Dentre estas espécies, encontram-se os peixes ornamentais pertencentes a família Loricariidae, conhecidos popularmente como “acaris” (CAMARGO *et al*, 2012). Os membros desta família apresentam grande demanda no mercado internacional devido aos seus padrões atraentes de coloração, entretanto, apesar dessa importância econômica, informações sobre as necessidades nutricionais destes indivíduos voltados para o sistema de cultivo ainda são escassas.

Em relação às dietas dos loricarídeos do rio Xingu há uma maior predominância de pesquisas realizadas com espécies em seus habitats naturais, como realizadas por Gonçalves (2009) em *Hypancistrus zebra*, cuja dieta é composta principalmente por algas perifíticas, detritos, restos vegetais e esponjas. Em estudo feito por Zuanon (1999) com 25 espécie de loricarídeos, as categorias de alimentos que ocorreram com maiores frequências foram diatomáceas, clorofíceas filamentosas e fragmentos vegetais. Por outro lado, em espécies que se alimentam de itens de origem animal, como *Oligoancistrus punctatissimus*, *Scobinancistrus aureatus* e *Scobinancistrus pariolispos*, insetos, briozoários e moluscos bivalves foram os alimentos encontrados em maiores abundâncias, respectivamente.

Dentre as espécie da família Loricariidae, encontra-se o *Baryancistrus xanthellus* mais conhecido como “amarelinho” (Figura 1). Este acari se caracteriza pela presença de uma superfície dorsal de coloração negra, pontos amarelos distribuídos em todo o corpo, margens das nadadeiras dorsal e caudal também amarelas e abdômen claro (CAMARGO *et al*, 2012).

A espécie ocorre na área chamada Volta Grande do Rio Xingu, localizada entre Belo Monte e a foz do rio Iriri no estado do Pará (Brasil), próximo à sede do município de Altamira (RAPP PY- DANIEL *et al*, 2011). O Amarelinho é uma das espécies mais abundantes da região do Médio Rio Xingu, sendo considerada do ponto de vista comercial uma das espécies mais importantes (CAMARGO *et al*, 2012) devido à intensa exportação para os Estados Unidos e países da Ásia e Europa, (RAPP PY- DANIEL *et al*, 2011).

Por ser uma espécie endêmica do Rio Xingu, o *B.xanthellus* pode sofrer perda futura de parte do seu habitat devido a construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Dessa forma, a aquicultura destes peixes pode ser uma alternativa de conservação da espécie.



Figura 1: *Baryancistrus xanthellus* na fase juvenil. Fonte: da autora

1.1 Nutrição e alimentação de peixes cultivados

Desde quando começaram a ser descobertos na bacia do Xingu, os acaris conquistaram grande admiração no aquarofilismo mundial, ocasionando um aumento na sua demanda no mercado internacional (PRANG, 2007) e, conseqüentemente a necessidade de seu cultivo. Em condições de cultivo, a sobrevivência dos peixes depende de alguns fatores que incluem um bom sistema de filtragem, climatização adequada, manutenção da boa qualidade da água e uma boa alimentação (FRACALOSSO *et al*, 2013).

Quando se trata da alimentação, a atenção dos piscicultores e aquaristas está direcionada em fornecer o alimento na quantidade ideal para a espécie cultivada. Em pouca quantidade, o alimento limita o desenvolvimento e a saúde do peixe, já em excesso gera acúmulo de gordura no animal, o que pode reduzir seu tempo de vida (RIBEIRO *et al*, 2008). O alimento quando não é consumido pelo peixe, também provoca a alteração e contaminação da água desencadeando problemas maiores como estresse, redução da resistência e pode ainda facilitar o desenvolvimento de enfermidades (KUBITZA, 1999). No cultivo de peixes, a alimentação também gera muitos custos econômicos, representando 40 a 60% do custo total da produção, principalmente quando se trata do fornecimento de alimentos artificiais como, por exemplo, as rações (TACON *et al*, 2012).

Devido à necessidade de diminuir esses custos, e ao mesmo tempo fornecer um alimento de qualidade e na quantidade adequada, pesquisas sobre nutrição e alimentação

de peixes em cativeiro tornaram-se cada vez mais indispensáveis para o sucesso da produção (NRC, 2011). O principal alvo dessas pesquisas está voltado para a quantificação dos ingredientes e dos nutrientes em níveis ideais para a formulação de dietas e rações que sejam balanceadas e eficientes para a saúde, digestão, fisiologia, metabolismo, bem estar e manutenção da espécie em cativeiro (MEYER & FRACALOSSO, 2004; FABREGAT *et al*, 2011).

Na formulação de rações, os ingredientes de origem vegetal vêm sendo utilizados cada vez mais como matéria prima por terem relativamente facilidade de obtenção e preços mais baixos quando comparados aos de origem animal (LEENHOUWERS *et al*, 2007; PEDRON *et al*, 2008). Com isso, pesquisas sobre os efeitos das fibras vegetais têm recebido maior atenção ultimamente (DHINGRA *et al*, 2012; RODRIGUES *et al*, 2012; BRAGA *et al*, 2014).

Os loricarídeos predominantemente herbívoros são aqueles que, provavelmente, podem tolerar níveis mais elevados de fibra em sua dieta, já que na natureza se alimentam principalmente de conteúdos vegetais. É o caso, por exemplo, de membros dos gêneros *Cochiliodon* e *Panaque* que se alimentam de madeira e conseguem digerir este material com a ajuda de microrganismos simbiotes presentes em seus intestinos (NELSON *et al*, 1999), e dos *B.xanthellus* que se alimentam, principalmente, de algas como diatomáceas e clorophyceas (RAPP PY- DANIEL *et al.*, 2011).

Sob condições de cativeiros, os loricarídeos que se alimentam predominantemente de matéria vegetal tem recebido, possivelmente, uma alimentação inadequada, pois a maioria das rações existentes hoje são focadas em peixes com o hábito alimentar carnívoro e onívoro. Além disso, considerando-se a grande demanda dos loricarídeos no mercado ornamental e o hábito alimentar diferenciado da maioria das espécies ornamentais, torna-se necessário avaliar os efeitos digestivos e fisiológicos das fibras na alimentação dessas espécies.

1.2 Característica e Funções das fibras

Os carboidratos são os principais constituintes das plantas e suas características nutritivas dependem de alguns fatores como a sua composição e a sua natureza físico-química (PEDRON, 2006). Esses são agrupados em duas grandes categorias: estruturais (polissacarídeos estruturais ou não amiláceos) e não estruturais (polissacarídeos de reserva- amido) (VOET & VOET, 2006). A fibra dos alimentos é composta por polissacarídeos não amiláceos (celulose, hemicelulose, gomas e outras substância

pécticas) ligados com lignina, proteínas, ácidos graxos, ceras e outras substâncias (HILTON *et al*, 1983).

Os polissacarídeos não amiláceos não podem ser hidrolisados pelas enzimas endógenas de animais não-ruminantes ou monogástricos (MONTAGNE *et al*, 2003). A celulose, por exemplo, que é a principal constituinte da parede celular vegetal, possuem ligações β -glucosídicas, entretanto essas ligações são mais resistentes à digestão comparada às ligações α -glucosídicas encontradas no amido (JOBBLING, 1995). No processo de digestão, a degradação da celulose depende de uma enzima denominada celulase, que hidrolisa as suas ligações glicosídicas, expondo as unidades de glicose para a absorção (LEHNINGER, 1991).

De maneira geral, as fibras influenciam na digestibilidade e absorção dos nutrientes como carboidratos, proteínas e lipídeos. Isto ocorre pois as fibras podem agir na motilidade e no tempo de trânsito gastrointestinal do alimento, além disso, modificam a velocidade e o tempo de esvaziamento gástrico (RODRIGUES *et al*, 2010). As fibras, constituem a parte não nutritiva dos alimentos ou dos ingredientes na ração, e seu percentual na dieta pode afetar os parâmetros produtivos dos animais pois estão diretamente ligadas a digestão e absorção dos nutrientes. Dessa forma, o balanceamento correto das fibras pode modificar positivamente o funcionamento do sistema digestivo dos animais, dependendo do nível de inclusão na dieta, proporcionando melhor utilização dos nutrientes (FRACALOSSO *et al*, 2013).

Os efeitos das fibras variam de acordo com a sua capacidade de se solubilizar em água, podendo ser classificadas como solúveis e insolúveis. As fibras solúveis são representadas pelas pectinas, gomas e mucilagens, já as fibras insolúveis são representadas pela lignina, celulose e hemicelulose, e tanto solúveis quanto insolúveis, afetam a função intestinal e digestão de nutrientes (FRACALOSSO *et al*, 2013). Os ingredientes mais ricos em fibras insolúveis utilizados na alimentação de monogástricos, incluindo os peixes, são o farelo de girassol (FABREGAT *et al*, 2011; LIRA, 2014) e a casca de soja (PEDRON *et al*, 2008; TAMPONE *et al*, 2008). Já as leguminosas e frutas, com destaque para a polpa cítrica (RODRIGUES, 2005; RODRIGUES *et al*, 2012) são consideradas como as principais fontes de fibra solúvel.

As fibras insolúveis se caracterizam por possuir alta capacidade de retenção hídrica e com isso aumenta o volume da digestão; também tendem a aumentar a velocidade do trânsito gastrointestinal o que reduz o tempo de digestão do nutriente e conseqüentemente a sua utilização (HETLAND *et al*, 2004; KROGDAHL *et al*, 2005) Já

as solúveis apresentam propriedades geleificantes, ou seja, ao entrar em contato com a água formam géis que aumentam a viscosidade da dieta, retardam o trânsito gastrointestinal e ainda diminuem o contato enzima-substrato e, por consequência, a digestão e a absorção do nutriente (IKEGAMI *et al*, 1990; CHOCT *et al*, 1996; KROGDAHL *et al*, 2005). Os efeitos dos diferentes tipos de fibras estão esquematizadas na figura 2.

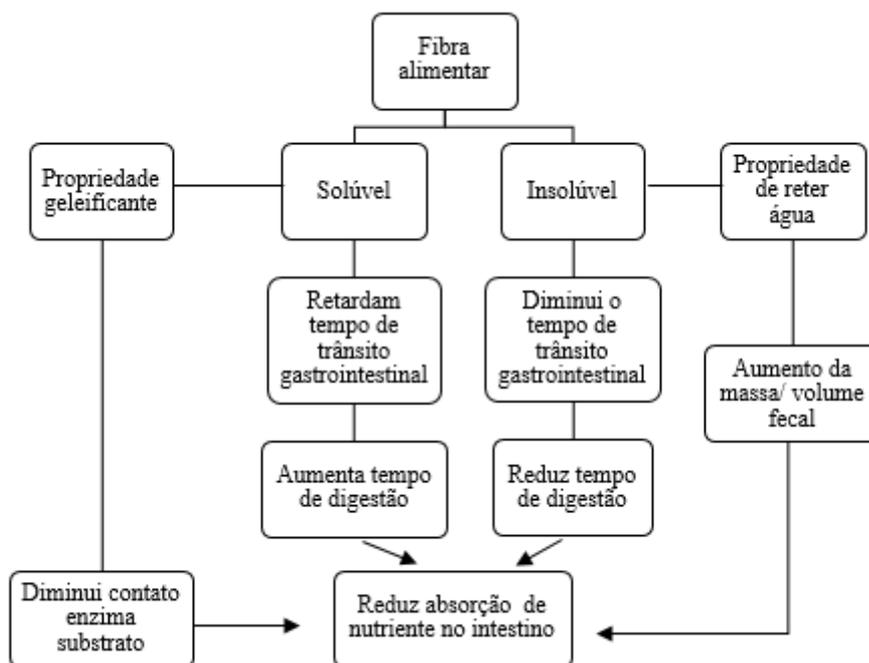


Figura 2: Esquema dos principais efeitos das fibras solúveis e insolúveis no trato digestivo. Fonte: da autora.

Os efeitos fisiológicos das fibras em geral são exercidos primariamente na função gastrointestinal, alguns sendo notados após uma única ingestão, enquanto outros são somente observados semanas após contínua ingestão (MONTAGNE *et al*, 2003). As fibras por influenciarem na absorção dos nutrientes da dieta, dependendo do tipo e do nível de inclusão, podem provocar alterações em estruturas e órgãos associados ao sistema digestivo, como por exemplo o fígado (RASKOVIC *et al*, 2011). Neste órgão ocorre o processamento e o armazenamento dos nutrientes absorvidos do trato digestivo para que posteriormente sejam utilizados por outros órgãos, sendo portanto, uma interface entre o sistema digestivo e o sangue (JUNQUEIRA & CARNEIRO, 2008). Também é responsável por produzir a bile, manter a homeostase corporal com o processamento de

carboidratos, proteínas, lipídios e vitaminas, além de desempenhar um papel chave na síntese de proteínas do plasma (GENTEN *et al*, 2009).

Os nutrientes presentes na dieta quando absorvidos são armazenados e processados no fígado. Os ductos sinusóides, capilares e veias presentes no tecido hepático facilitam as trocas constantes entre o sistema circulatório e o tecido hepático. Pela artéria hepática o fígado recebe o oxigênio e pela veia porta hepática recebe metabólitos e nutrientes provenientes do trato digestório, os quais são processados no fígado e posteriormente distribuídos para os demais tecidos do organismo (RUST, 2002). Dessa forma, diferentes tipos e quantidades de alimento ou nutriente influenciam na estrutura do fígado e podem provocar lesões ou alterações ao tecido hepático. Por isso, o fígado é considerado um dos indicadores do estado nutricional e fisiológico em peixes (CABALLERO *et al*, 1999). Dessa forma, torna-se necessário avaliar histologicamente o fígado frente aos diferentes níveis de fibras na dieta, visto que é um órgão envolvido nas principais reações metabólicas do organismo.

1.3 Fibras na Alimentação de peixes

Na alimentação de peixes, devem ser consideradas as diferenças entre as espécies quanto às características morfofisiológicas do trato digestório, hábitos alimentares, exigências nutricionais e aproveitamento de nutrientes (FABREGAT *et al*, 2011). A inclusão de fibras na dieta deve ocorrer até um certo limite máximo, sem que haja comprometimento no metabolismo, na digestão e nos parâmetros zootécnicos de uma determinada espécie.

Os níveis ótimos de fibras podem variar de 2% a 20% dependendo da espécie e de seu hábito alimentar (DIOUNDICK & STOM, 1990; PEREIRA-FILHO *et al*, 1994; ESQUÍVEL *et al*, 1999; RODRIGUES *et al*, 2010b). Em geral, as espécies onívoras e, principalmente herbívoras são capazes de utilizar as fibras de forma mais eficiente do que as espécies carnívoras (FRACALOSI *et al*, 2013). Isso porque as espécies herbívoras apresentam certas especializações que facilitam a digestão dos materiais fibrosos.

De acordo com Horn (1989), pré-digestão mecânica, estômagos ácidos, intestinos longos e microbiota especializadas constituem possíveis adaptações fisiológicas de espécies herbívoras para digerir a celulose e outros polissacarídeos estruturais do conteúdo vegetal (DABROWSKI & GUDERLEY, 2002). A capacidade de fermentação de carboidratos vegetais foi estudada para a tilápia-do-Nilo, espécie onívora, e para o robalo europeu, espécie carnívora, por Leenhouweri *et al* (2008). A tilápia

mostrou maior capacidade em relação ao robalo, sendo esta condição esperada, segundo os autores, devido ao seu hábito alimentar onívoro e maior coeficiente intestinal, que lhe conferem melhor habilidade em digerir itens vegetais e maior período de retenção do alimento, respectivamente.

O percentual de fibra na alimentação afeta os parâmetros produtivos dos peixes, pois está diretamente ligada a digestão e absorção dos nutrientes. Em estudo feito por Dioundick & Stom (1990) com *Oreochromis mossambicus*, a dieta com ausência de celulose proporcionou piores resultados de crescimento, conversão e eficiência alimentar na espécie, indicando a importância da inclusão das fibras na alimentação em seus níveis adequados. Alguns estudos mostraram que, dependendo do nível de inclusão na ração e do hábito alimentar do peixe, as fibras podem influenciar na taxa de crescimento (DIONDICK & STOM, 1990; SHIAU & LIANG, 1994), na eficiência alimentar (ZANONI, 1996) no ganho de peso (MORITA *et al*, 1982; ESQUÍVEL *et al*, 1999), consumo e conversão alimentar (RODRIGUES *et al*, 2010b). Diferentes níveis de inclusão de fibras podem também interferir no metabolismo de carboidratos e lipídeos (KRITCHEVSKY, 1988; RODRIGUES *et al*, 2010).

Lanna *et al* (2004b) testando rações com diferentes níveis de fibra bruta (6,0; 9,0 e 12,0%) concluíram que pode-se utilizar até 9% de fibra na dieta da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), similarmente ao que foi observado por Meurer *et al* (2003) que mostraram que os níveis de 3,65 a 8,50% não interferem no desenvolvimento desta mesma espécie. O nível ótimo em torno de 9% de fibra também foi descrito por Zanoni (1996) que obtiveram melhores resultados de ganho em peso, eficiência alimentar e conversão alimentar em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), e também por ESQUÍVEL *et al* (1999) em piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Já Morita *et al* (1982) mostraram que os níveis de 3,0 a 6,0% de fibra bruta proporcionaram melhores resultados de ganho em peso e eficiência alimentar no pargo (*Pagrus major*).

Estudos sobre a interferência da fibra na absorção dos nutrientes e seus efeitos no sistema digestivo são de fundamental importância, visto que pode resultar em maior precisão no balanceamento da dieta, atendendo as exigências das espécie estudada e de outras espécies com nível trófico semelhante e consequentemente afetar positivamente o seu desempenho zootécnico.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o efeito de diferentes níveis de fibra dietária no desempenho zootécnico, nos parâmetros bioquímicos sanguíneos e na histologia do fígado do *Baryancistrus xanthellus*.

2.2 Objetivos específicos

- Estudar a influência da concentração de fibras nos parâmetros de desempenho (Ganho em peso diário, Consumo diário de ração, Conversão alimentar aparente, Taxa de crescimento específico e Fator de condição) do loricarídeo *B. xanthellus*.
- Avaliar a influência dos diferentes níveis de fibra nos parâmetros bioquímicos do loricarídeo *B. xanthellus* por meio da análise da glicose, colesterol e triglicerídeos do sangue
- Verificar possíveis alterações histopatológicas hepáticas do *B. xanthellus* alimentados com diferentes níveis de fibras.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Manejo e Condições ambientais

Antes de iniciar os experimentos, os peixes passaram por um período de aclimação durante quinze dias. Nesse período os peixes foram alimentados com as rações experimentais a uma taxa de 3% do peso vivo uma vez ao dia. Além disso, diariamente a qualidade da água foi monitorada através da avaliação do oxigênio (com o uso do oxímetro), amônia (com o uso de kit de quantificação da amônia), pH (com o uso do pHmetro), condutividade (com o uso do medidor de condutividade digital) e temperatura (com o uso do termômetro). O sistema de filtragem tanto do período de aclimação quanto de experimentação foi individualizado com filtros físico/biológicos e aeradores para cada unidade experimental. Os peixes durante o período experimental foram alimentados com a mesma taxa e frequência do período de aclimação, já os parâmetros físico-químicos da água foram avaliados a cada dois dias com os mesmos equipamentos utilizados na aclimação.

Diariamente, o resto de alimento acumulado nos fundos dos aquários foram sifonados e 5% da água renovada. Para a realização do experimento foram utilizados 90 indivíduos oriundos do Rio Xingu coletados próximos a cidade da Altamira (PA), tais indivíduos apresentaram peso e comprimento médio (\pm DP) inicial de $7,16 \pm 2,07$ (g) e $6,78 \pm 1,74$ (cm), respectivamente. Os peixes foram distribuídos em 15 aquários com capacidade de 80L, numa densidade de 6 indivíduos/aquário.

3.2. Dietas experimentais

Foram formuladas cinco rações extrusadas isoprotéicas (24% de proteína bruta) e isolipídicas (5,3% de extrato etéreo) com níveis crescente de fibra (2, 9, 15, 20 e 25%) tendo como principal fonte de fibra a celulose (Tabela 1) e foram produzidas pela empresa Poytara Ltda. A alimentação foi realizada no período da tarde uma vez ao dia, a uma taxa de 3% do peso úmido/dia.

Tabela 1: Composição das dietas experimentais

Ingredientes (%)	Níveis de inclusão de fibra na dieta (%)				
	2	9	15	20	25
Amido de milho	37	26,4	20,5	14,7	9,6
Farinha de cereais	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6
Premix	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
Farinha de peixe	20	20	20	20	20
Farinha de aves	5	5	5	5	5
Óleo de linhaça	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Óleo de peixe	1,75	1,75	1,75	1,75	1,75
Carboximetilcelulose	0	10,6	16,5	22,3	28,4
Composição Bromatológica					
Proteína Bruta	24,04	23,98	23,95	23,91	23,65
Extrato Etéreo	5,3	5,35	5,34	5,33	5,26
Fibra Bruta	1,8	9,08	15,05	20,04	25,04
Matéria mineral	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8

3.3. Avaliação dos parâmetros de desempenho zootécnico

No início do período experimental os peixes foram submetidos a biometria inicial de peso e comprimento padrão e total com o auxílio do paquímetro e balança de precisão. Posteriormente, as biometrias foram realizadas a cada 10 dias de experimento. O ensaio foi conduzido por 30 dias, durante o qual os peixes foram alimentados a uma taxa de 3% do peso vivo uma vez ao dia. A partir dos dados de peso e comprimento, além dos dados de consumo e sobras de ração foram calculados os parâmetros de desempenho

Os valores de desempenho foram calculados para cada parcela experimental, de acordo com as fórmulas descritas a seguir:

- *Ganho em peso diário* ($g\ dia^{-1}$) = (peso final - peso inicial) / tempo
- *Conversão alimentar* = consumo de alimento / ganho em peso total
- *Consumo diário* = Consumo de alimento / tempo de experimento em dias
- *Taxa de crescimento específico* ($\% dia^{-1}$) = $(\ln\ peso\ final - \ln\ peso\ inicial) \times 100 / tempo$
- *Fator de condição relativo* (Kr) = $Peso(observado) / Peso(esperado)$, sendo $Peso(esperado)$ baseado na relação peso e comprimento padrão de 45 peixes recém chegados na empresa.

3.4. Avaliação dos parâmetros sanguíneos

Para avaliação dos parâmetros sanguíneos foram coletados aleatoriamente 2 peixes de cada aquário, totalizando seis peixes de cada dieta experimental. Foram utilizados também seis peixes não alimentados com nenhuma dieta experimental com o objetivo de se ter o valor dos parâmetros sanguíneos dos peixes antes do experimento ou tratamento zero. Esses peixes iniciais foram mantidos em aquários semelhantes aos experimentais por um período de cinco dias (período de estabilização) após sua chegada ao local de experimento. O sistema de filtragem e de aeração também foram semelhantes aos aquários das dietas testes.

De cada peixe foram coletados amostras de sangue para a determinação da glicose, colesterol e triglicerídeos. Para a coleta das amostras de sangue os peixes foram anestesiados em imersão em gelo e o sangue retirados com seringa do por punção cardíaca. O sangue dos peixes alimentados com as dietas testes foram coletados após 50 dias de alimentação e para a coleta os peixes permaneceram em jejum por período de 24h. A leitura das concentrações de glicose, colesterol e triglicerídeos foi realizada através de aparelho medidor portátil Accontrend plus.

3.5. Avaliação histológica do fígado

Para avaliação histológica do fígado foram utilizados três peixes usados na análise sanguínea de cada dieta experimental e três peixes controle. Os peixes foram anestesiados com solução de benzocaína a 100 mg/L, posteriormente sacrificados e feita uma incisão abdominal para a retirada do fígado. O órgão retirado de cada peixe foi fixado e armazenado separadamente em solução de Bouin, por 24h. Em seguida, procedeu-se ao processo de desidratação das amostras, através de passagens em séries crescentes de álcoois (70% a 100%), diafanização em xilol e inclusão em parafinas, para obtenção de cortes transversais, com espessura de 5 µm em micrótomo Leica (RM 2245). Foram confeccionadas duas lâminas com três cortes histológico. As lâminas foram coradas com hematoxilina-eosina (HE) e avaliadas quanto a morfologia e integridade do tecido hepático, por meio de objetiva ocular micrométrica (40X) e fotomicrografadas em microscópio de luz (NIKON Eclipse Ci) acoplado a uma câmera digital.

3.6. Análise estatística

O delineamento foi inteiramente casualizado contendo cinco tratamentos, *i.e.* níveis de fibra bruta (2, 9, 15, 20 e 25%) com três repetições. As análises estatísticas dos resultados foram realizadas com o programa estatístico BioEstat 5.3. Foram conduzidos os testes de normalidade e homocedasticidade dos dados e posteriormente foi realizado a análise de variância (ANOVA) de uma via sobre os dados de parâmetros de desempenho zootécnico e parâmetros sanguíneos, com nível de significância de 0,05. Quando foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste Tukey. Para a variável taxa de crescimento específico foi realizado o teste de regressão linear, considerando nível de significância 0,05. A relação peso-comprimento da espécie foi estabelecida através da equação, $W_t = aL^b$, onde W_t corresponde ao peso total em gramas e L o comprimento padrão (L_p) em cm, a e b são constantes, sendo essas estimadas pela regressão linear da equação transformada: $W = \log a + b \times \log L$. A constante a representa o coeficiente do fator de condição e b o coeficiente angular ou de crescimento, que permite determinar o tipo de crescimento de uma determinada espécie, sendo considerado crescimento do tipo isométrico quando $b=3$, alométrico negativo quando $b < 3$ e alométrico positivo quando $b > 3$. Na equação do fato de condição relativo (Kr), o valor do P (esperado) correspondeu ao peso calculado através da equação de peso-comprimento. Para avaliar diferença entre as médias do fator de condição relativo entre as dietas foi realizada uma ANOVA com nível de significância de 0,05.

4. RESULTADOS

4.1 Desempenho zootécnico

A partir dos resultados do presente estudo, foi possível observar que a utilização de diferentes níveis de fibra na dieta afetou o ganho de peso e consumo diário, além da conversão alimentar do *Baryancistrus xanthellus*. No ganho de peso diário, apenas os indivíduos que se alimentaram da dieta com 25% de fibra se diferenciaram dos demais tratamentos ($p < 0.05$; $F=3$) apresentando a maior média (Figura 3). Os indivíduos que se alimentaram com 25% de fibra também obtiveram maior consumo diário de ração em relação aos dois menores níveis testados ($p < 0.05$; $F=13$) (Figura 4). Já na conversão alimentar o tratamento com 2% de fibra apresentou a maior média comparada ao tratamento com 20% e 25% de fibra ($p < 0.05$; $F=13$), enquanto que os demais tratamentos não apresentaram diferenças (Figura 5, $p > 0.05$).

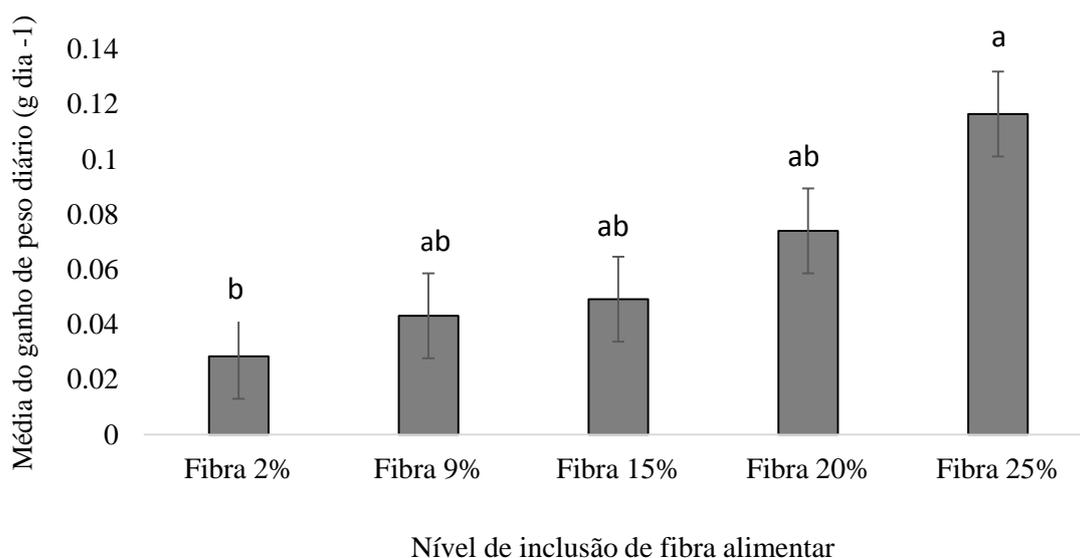


Figura 3: Ganho de Peso Diário (média \pm desvio padrão) do *Baryancistrus xanthellus* alimentados com diferentes níveis de fibra. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p > 0.05$).

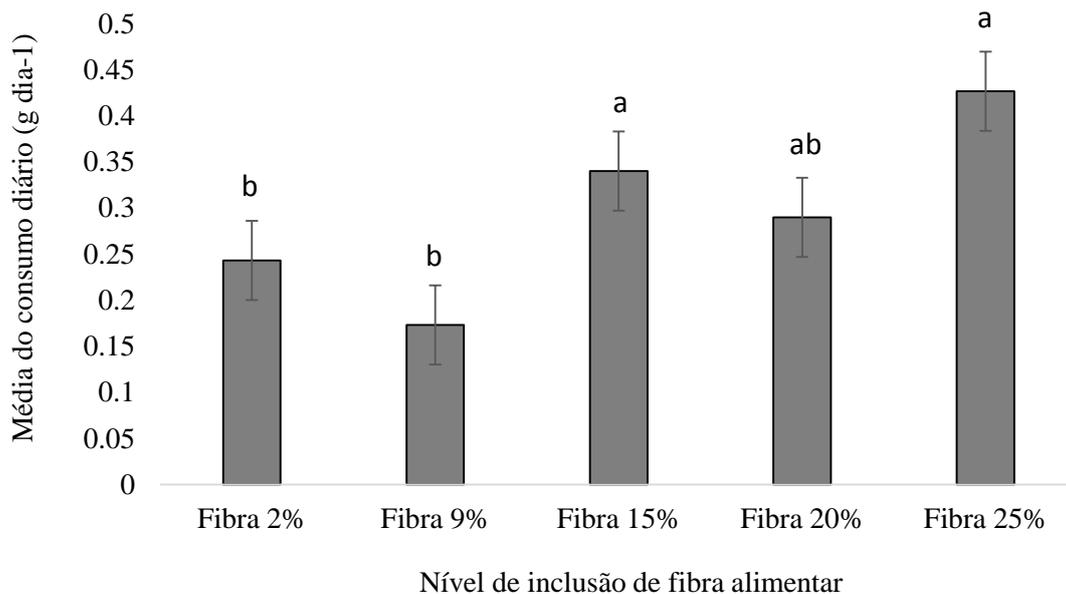


Figura 4: Consumo diário (média \pm desvio padrão) do *Baryancistrus xanthellus* alimentados com diferentes níveis de fibra. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p > 0,05$).

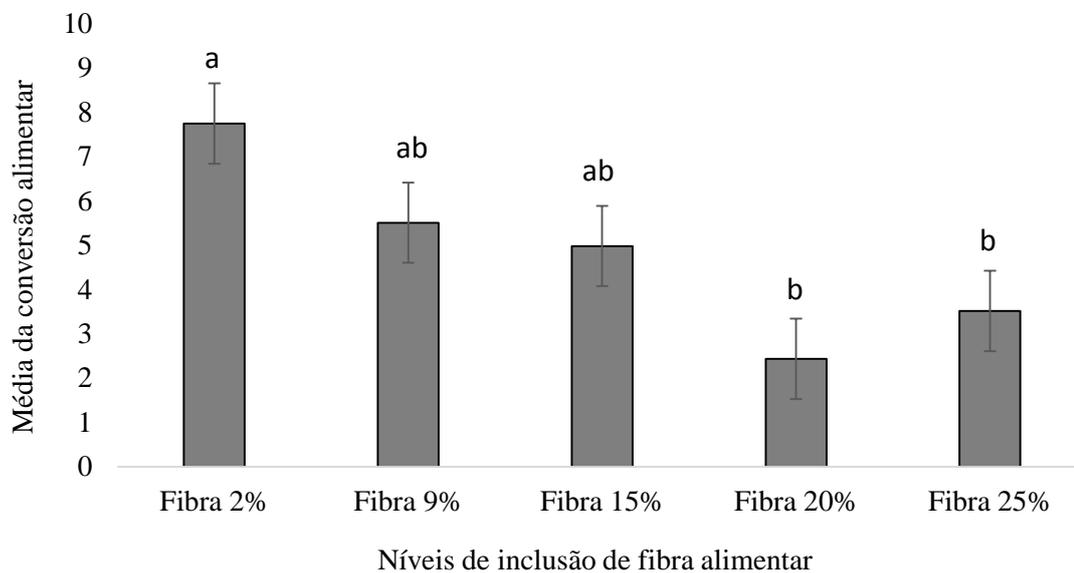


Figura 5: Conversão alimentar (média \pm desvio padrão) do *Baryancistrus xanthellus* alimentados com diferentes níveis de fibra. Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$).

A análise de regressão (figura 6) demonstrou que as médias da taxa de crescimento específico se ajustaram a um modelo de equação linear conforme o aumento de inclusão das fibras.

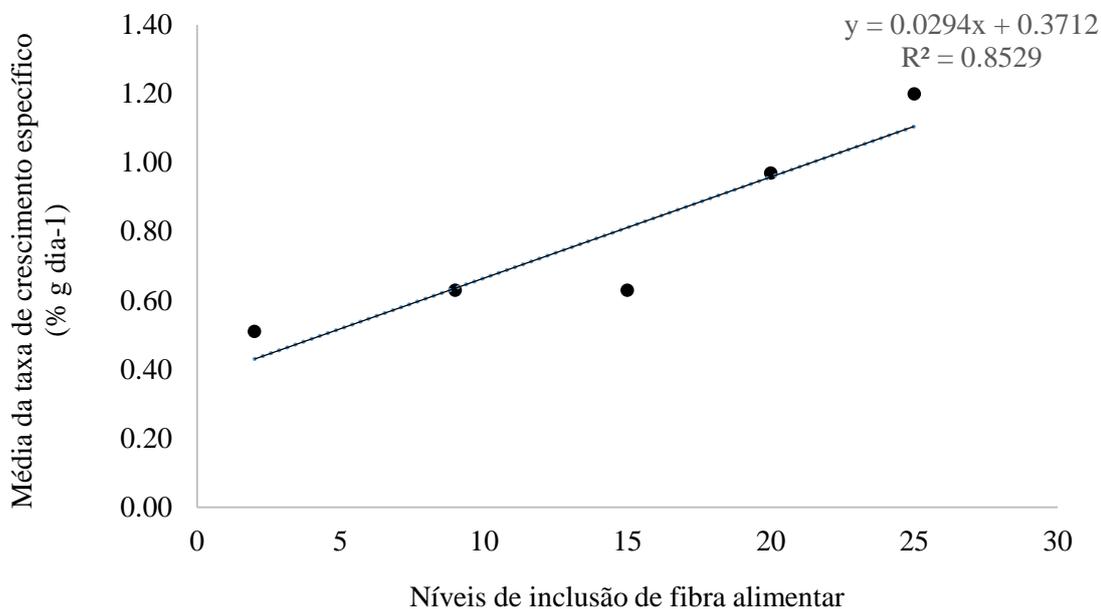


Figura 6: Regressão da média da taxa de crescimento específico do *Baryancistrus xanthellus* alimentados com diferentes níveis de inclusão de fibra na dieta

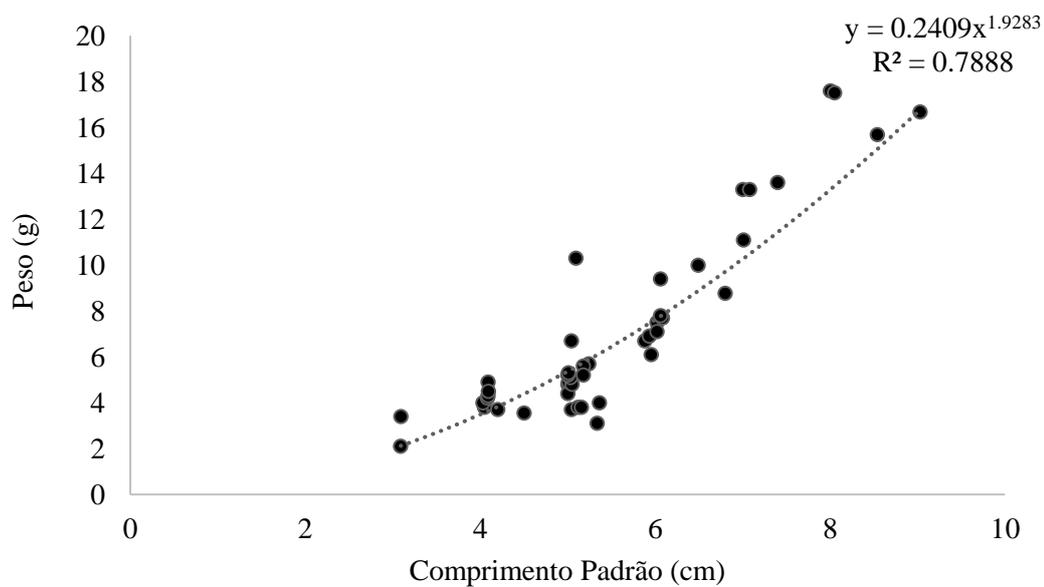


Figura 7: Relação peso e comprimento da espécie *Baryancistrus xanthellus* recém chegados na empresa

O comprimento padrão variou de 3,09 cm a 9,03 cm e o peso total de 2,1 g a 17,6 g. O coeficiente angular ($b=1.9283$) evidenciou um crescimento alométrico negativo, ou seja, há um incremento menor em peso do que em comprimento. A equação que descreve essa relação é $W = 0.2409 * L^{1.9283}$. De acordo com o teste ANOVA ($p > 0,05$; $F=1$) não houve diferença significativa do fator de condição relativo (Kr) entre as dietas testadas, com valores médios de $1,16 \pm 0,51$ na dieta com 2% de fibra, $1,54 \pm 0,50$ na dieta com 9% de fibra, $1,72 \pm 0,69$ na dieta com 15% de fibra, $1,61 \pm 0,53$ na dieta com 20% e $1,62 \pm 0,54$ na dieta com 25% de fibra.

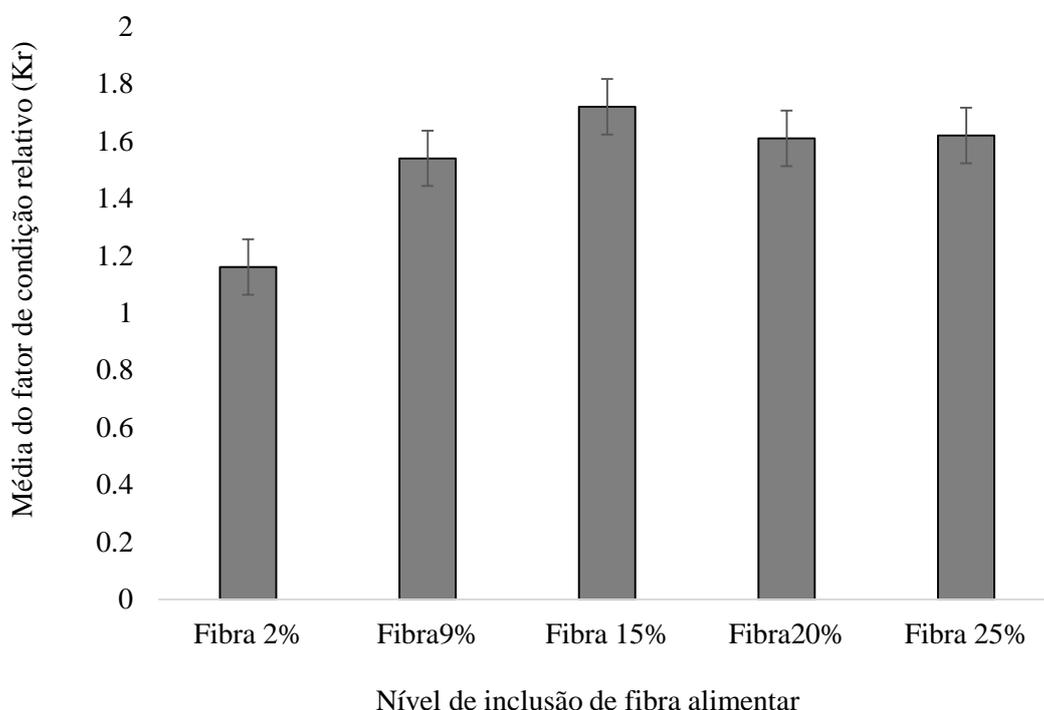


Figura 8: Fator de Condição relativo (média±desvio padrão) do *Baryancistrus xanthellus* alimentados com diferentes níveis de inclusão de fibra na dieta.

4.2 Parâmetros sanguíneos

As concentrações de glicose e de triglicerídeos no sangue dos peixes foram alteradas com a inclusão das fibras na dieta dos peixes. Em relação a glicemia, o tratamento zero se diferenciou apenas das concentrações obtidas nas dietas de 15 a 25% de fibra ($p < 0,05$; $F=26$). As concentrações de glicose foram maiores nos menores níveis de fibras testados (2 e 9%) bem como no tratamento controle, enquanto que as menores

concentrações foram encontradas nos peixes que se alimentaram dos altos teores de fibra testados (15, 20 e 25%).

Em relação aos triglicérides, o tratamento zero se diferenciou ($p < 0,05$; $F = 27$) dos demais tratamentos testados, com exceção da dieta com 25% de fibra. As mais altas concentrações foram determinadas para os animais alimentados com níveis de 9% e 15% de fibra, porém houve redução significativa ($p < 0,05$; $F = 27$) da concentração de triglicérides nos indivíduos alimentados com 20 e 25% de fibra. Já as concentrações de colesterol não foram alteradas com o aumento dos níveis de fibra na dieta ($p > 0,05$; $F = 3$).

Tabela 2: Médias e desvios padrões da glicose, colesterol e triglicérides do *B. xanthurus* alimentados com diferentes níveis de inclusão de fibras na dieta

% de Fibra	Glicose (mg/dL)	Colesterol (mg/dL)	Triglicérides (mg/dL)
Zero	66,83± 2,93a	152,67±2,42	325,0±2,00a
2	70,16 ±1,47a	156,50±1,64	333,5±3,21b
9	66,50 ±2,59a	157,00±3,95	339,3±4,32c
15	61,05±2,59b	157,83±2,64	335,1±1,07bc
20	59,17±1,47b	156,00±3,74	330,7±1,56b
25	58,67±2,34b	151,33±6,71	324,9±2,59a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de tukey ($p < 0,05$). N=3.

4.3 Avaliação histológica do fígado

Macroscopicamente o fígado do *Baryancistrus xanthellus* apresentou coloração marrom avermelhada e localizado na região anterior da cavidade peritoneal, na altura do estômago. Apresentou uma divisão em três lóbulos, um lóbulo central, um direito e outro esquerdo. Histologicamente o parênquima hepático é revestido por tecido conjuntivo e constituído principalmente de hepatócitos de formato poligonal e com núcleos centrais. O parênquima hepático também é constituído pela veia centro lobular (VCL) circundado por cordões de hepatócitos e por capilares sinusóides. Ainda foi observado a ausência de tríade portal, sendo encontrados ductos biliares e artérias hepáticas dispersas no parênquima (Figura 9A). A análise qualitativa do fígado mostrou que os indivíduos alimentados com a dieta com 2% e 9% de fibra apresentaram alterações morfohistológicas. Todos os indivíduos analisados que se alimentaram com a dieta

contendo 2% de fibra apresentaram vacualização e núcleos dos hepatócitos deslocados para a periferia da célula (Figura 9B). A maioria dos indivíduos alimentados com 9% de fibra apresentou hipertrofia celular nos fígados analisados (Figura 9C). Na dieta com 15% de fibra apenas um indivíduo apresentou vacualização, os demais indivíduos analisados apresentaram normalidade nos hepatócitos (Figura 9D) Nos maiores níveis testados (20 e 25% de fibra) não foram observadas alterações ou patologias do tecido hepático dos *Baryancistrus xanthellus*, o fígado apresentou-se sem congestão sanguínea na veia centro lobular e nos espaços sinusóides e os hepatócitos apresentaram citoplasma claro com núcleo central (Figura 9E e 9F).

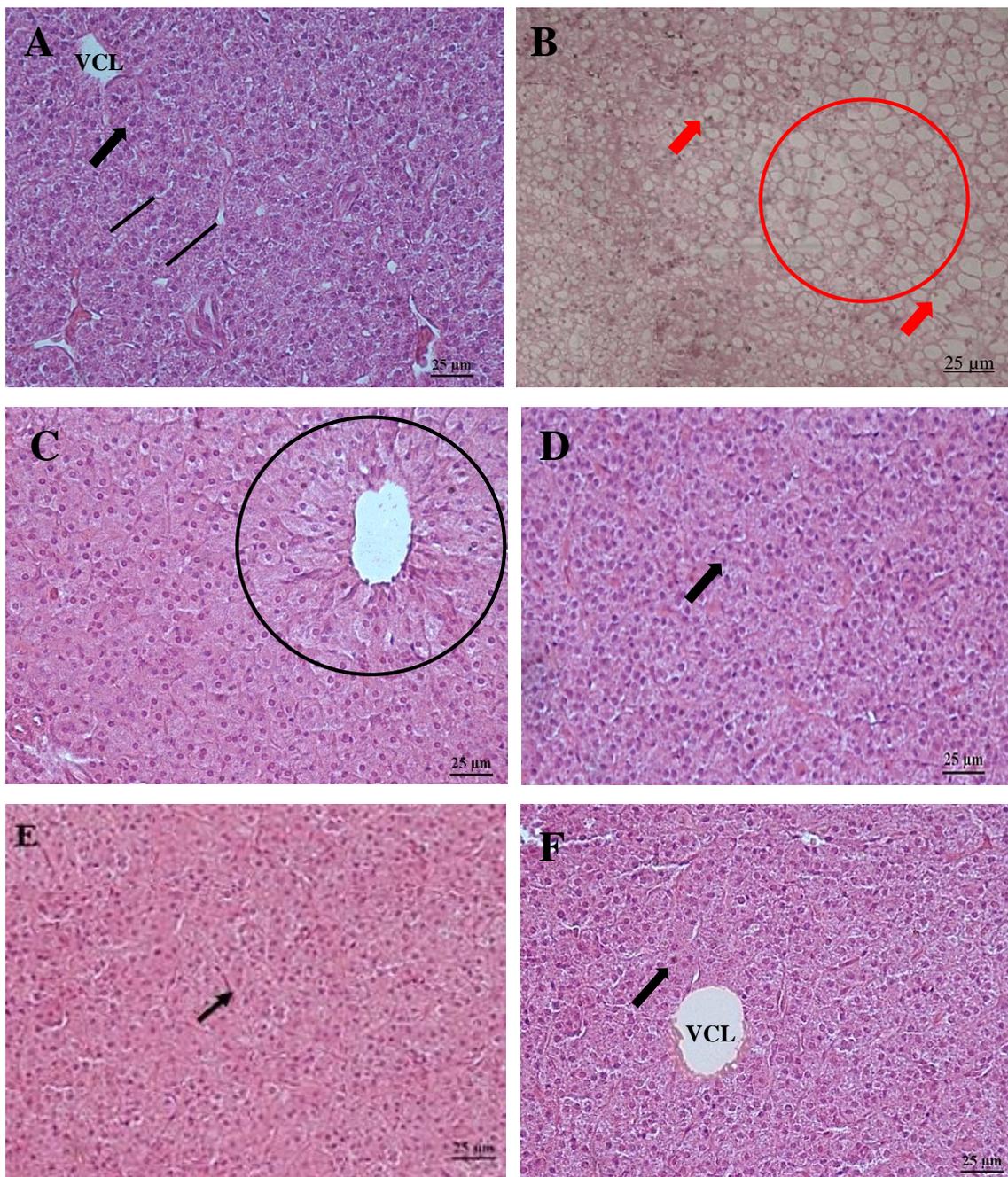


Figura 9: Fotomicrografia do fígado do *Baryancistrus xanthellus* não alimentados com nenhuma dieta teste (A), alimentados com 2% (B), 9% (C), 15% (D), 20% (E) e 25% (F) de fibra. Presença de veia centro lobular (VCL), hepatócito com núcleo central (seta preta) e espaço sinusóide (traço) sem alterações hepáticas teciduais (A). Vacualização (círculos vermelhos) e núcleos do hepatócitos voltados para a periferia (seta vermelha) (B). Presença de hipertrofia celular ao redor da veia centro lobular (círculo preto) (C). Fígados com hepatócitos de aspectos normais (D, E e F).

5. DISCUSSÃO

As fibras dietárias exercem vários efeitos metabólicos no organismo animal. Esses efeitos podem ocorrer principalmente devido a alterações no sistema digestivo como por exemplo, a passagem do alimento pelo trato gastrointestinal e conseqüentemente a alteração da absorção dos nutrientes, proporcionando benefícios ao desempenho produtivo e a saúde do animal quando as fibras são incluídas de forma balanceada nas dietas.

O maior ganho de peso diário do *Baryancistrus xanthellus*, assim como o maior consumo alimentar ocorreram nos indivíduos alimentados com 25% de fibra na dieta. Esses resultados contrastam com os de outros estudos que indicam que baixas concentrações de fibras na dieta ocasionam aumento desse indicador. Em um estudo feito por Rodrigues *et al* (2010b), verificou-se que dietas com altos teores de fibras (11, 13 e 15%) resultaram em piores taxas de ganho de peso e consumo de ração em pacus (*Piaractus mesopotamicus*), ao contrário da dieta com 5% a 9% de fibra. O nível ótimo em torno de 9% de fibra para uma melhora no consumo alimentar e ganho de peso também foi descrito por Esquivel *et al* (1999) em piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). Já na pesquisa feita por Morita *et al* (1982), resultados de ganho de peso foram melhores nas dietas com 3 a 6 % de fibra bruta em (*Pagrus major*). No presente estudo as dietas com 2% e 9% de fibra apresentaram as menores médias de ganho de peso e consumo alimentar.

Esta diferença entre os níveis ideais de fibras na dieta é reflexo dos diferentes hábitos alimentares entre os peixes. Em geral, as espécies herbívoras e onívoras toleram maiores níveis de fibras do que as espécies carnívoras (KROGDAHL *et al*, 2005), isso porque para certo tamanho corporal, o intestino de peixes herbívoros é mais longo do que o de carnívoros, sendo intermediário em onívoros (KRAMER & BRYANT, 1995).

Os *Baryancistrus xanthellus* são peixes herbívoros, mas também se alimentam de biofilmes da matéria orgânica em superfícies duras. Na natureza isso consiste principalmente de algas entretanto, pequenas larvas de insetos e ovos de crustáceos também estão inseridas em sua dieta (RAPP PY- DANIEL *et al.*, 2011). O longo intestino desses peixes, que pode chegar a um tamanho 16 vezes maior que o seu corpo (RAPP PY- DANIEL *et al*, 2011), indica uma biologia adaptada para quebrar alimentos ricos em conteúdos vegetais. O aumento do ganho de peso na dieta contendo 25% de fibra pode estar relacionado com o aumento do consumo de ração contendo este mesmo nível o que indica que o *Baryancistrus xanthellus* são capazes de tolerar altas quantidades de fibras em sua dieta.

As fibras na dieta alteraram a concentração de glicose sanguínea dos peixes, havendo um padrão de menores concentrações de glicose observadas nos peixes alimentados com as maiores concentrações de fibra (15% a 20%). No processo de digestão as moléculas de amidos sofrem um processo de quebra até atingirem a sua estrutura fundamental, a glicose, para a absorção (FRACALOSSI *et al*, 2013). Dessa forma, podemos atribuir estes resultados a própria constituição da dieta a qual contém níveis decrescentes de amido de milho (fonte de carboidrato não estrutural) conforme aumenta o nível de fibra na dieta.

A diminuição da glicose nos indivíduos que se alimentaram dos maiores teores de fibras (15 a 25%) também pode estar associada ao fato de haver uma redução na absorção dos nutrientes com o aumento do teor de celulose na ração (SLAVIN, 2005), já que alimentos ricos em celulose podem diminuir o tempo de trânsito intestinal e a retenção do bolo alimentar (ANDERSON & CHEN, 1979; MEURER *et al*, 2003). Hilton *et al* (1983) demonstraram em truta arco-íris (*Salmo gairdneri*) redução linear da digestibilidade de carboidratos à medida que se elevaram os níveis de celulose na ração. Em um estudo feito por Meurer *et al*, 2003 com alevinos de tilápia do nilo também houve decréscimo linear para o tempo de retenção do bolo alimentar com o aumento da fibra. Similarmente, em pacu (*Piaractus mesopotamicus*) o tempo de trânsito gastrointestinal é reduzido com o aumento da fibra na dieta (Rodrigues *et al*, 2010a). No presente estudo apesar das concentrações de glicose serem significativamente menores nos indivíduos que se alimentaram com os altos teores de fibras testados, essa redução não foi suficiente para impactar de forma negativa o ganho de peso dos animais, visto que eles apresentaram maior ganho de peso na dieta com alto teor de fibra.

Apesar de tanto os triglicerídeos quanto o colesterol pertecerem ao grupo dos lipídeos, o primeiro foi alterado com as diferentes concentrações de fibras apresentando-se em menores concentrações nos indivíduos que se alimentaram da dieta com 20 e 25% de fibra, enquanto que o segundo não sofreu variações com a dieta. Isso se deve ao fato de que os triglicerídeos são um tipo de gordura que é obtida a partir da ingestão de carboidratos presentes na alimentação. Dessa forma, um dos fatores que pode levar à queda nos níveis de triglicerídeos é a redução no consumo dos carboidratos.

Por outro lado, o colesterol apresenta mecanismo mais complexo, sendo formado pela absorção de gorduras saturadas e do colesterol de origem animal e também produzido pelo próprio fígado. O fato das dietas testes serem isolipídicas ou isoenergéticas, ou seja, com a mesma quantidade de ingredientes de fonte lipídica, contribuiu para a não alteração

da concentração de colesterol dos indivíduos. Outro fator importante de mencionar é que a alteração de colesterol ocorre principalmente com a ingestão de fibras solúveis que são responsáveis por retardar ou prejudicar a absorção do colesterol como resultado da ligação dos sais biliares ou da alta viscosidade (STARK & MADAR, 1994). Em um estudo feito por Rodrigues *et al* (2010b) não foram encontradas diferenças nas concentrações de glicemia e triglicerídeos no sangue de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotâmicos*) com o aumento dos níveis de fibra bruta na dieta, porém observaram pequena elevação do colesterol plasmático nos animais alimentados com 13 e 15% de fibra e atribuíram este resultado a absorção dos sais biliares pelas fibras pois resulta em alterações no metabolismo de gorduras, com diminuição de sua eficiência. Apesar das concentrações médias de glicose e triglicerídeos serem menores na dieta com maiores níveis de fibras (20 e 25%), houve maior ganho de peso nestes níveis testados, principalmente na dieta 25%.

As alterações dos hepatócitos foram mais acentuadas nos peixes que se alimentaram da dieta contendo 2% e 9% de fibras. A presença de vacuolizações citoplasmáticas, que aumentam o volume dos hepatócitos, indica a existência de regiões com provável concentração de lipídeos e glicogênio (SANTOS *et al*, 2004), isso explica o fato das dietas com menores teores de fibras apresentarem alterações hepáticas, visto que houve nos indivíduos que se alimentaram dessas dietas maior concentração de triglicerídeos e glicose no sangue comparado aos dietas com 20 e 25% de fibra. Além disso, o fato das rações contendo 2 e 9% de fibras apresentarem em sua formulação maiores concentrações de amido pode ter contribuído para que ocorresse acúmulo de glicogênio, já que o excesso de glicose é armazenada sob a forma de glicogênio no fígado, ou lipídeo como o triglicerídeo. Dessa forma, há uma evidente relação entre carboidratos e fibras na dieta alterando o metabolismo energético do animal. Segundo Wassef *et al* (2007) a ingestão excessiva de carboidratos na alimentação resulta no aumento da síntese de ácidos graxos, com formação excessiva de triglicerídeos nos hepatócitos.

Os peixes que se alimentaram da ração contendo os maiores níveis de fibra (20 e 25%) apresentaram fígado de aspecto normal, sem degeneração celular e aumento do volume do hepatócito. Este resultado corrobora os estudos feito por Esquível *et al* (2009) que verificou um menor depósito lipídico no fígado da piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) em função da elevação do teor de fibras na dieta. O autor também inferiu que o menor volume apresentado pelo fígado da espécie estudada seria resultante da maior velocidade de passagem da dieta pelo sistema digestório ou ainda por haver maiores necessidades no

aproveitamento dos nutrientes e como consequência, menor depósito energético neste órgão. Nesse sentido, reforça ainda as conclusões de Shiau *et al* (1988) de que os peixes arraçoados com níveis maiores de fibra alimentar apresentam conteúdo de lipídeo significativamente menor, o mesmo também relatado por Pereira filho *et al* (1994).

As dietas com os menores teores de fibra e adicionalmente maiores concentrações de carboidratos promoveram alterações histológicas do fígado da espécie estudada. Esse fato demonstra a necessidade de haver maiores cuidados ao manipular os carboidratos na dieta devido às possíveis consequências negativas. Isso seria de extrema importância para o mercado aquarista, visto que, o mesmo não só se interessa em crescimento rápido mas também no bem-estar da espécie, melhoria da beleza, coloração dos peixes, fatores esses que serão refletidos no valor comercial final. Sendo assim, essas indústrias poderão empregar ingredientes ricos em fibras e com baixa concentração de carboidratos na elaboração das rações para o *Baryacistrus xanthellus* ou para loricarídeos com o mesmo hábito alimentar sem que haja prejuízos ao desempenho produtivo do peixe cultivado e esse fato possibilitará a obtenção de dietas economicamente mais baratas aos produtores e aquaristas.

6. CONCLUSÃO

O *Baryancistrus xanthellus* apresenta melhor resposta de ganho de peso e consumo alimentar quando arraçoado com dietas contendo 25% de fibra, enquanto que as dietas com 2 e 9% de fibra determinaram menor consumo alimentar e ganho de peso além de alterações hepáticas como vacualização e hipertrofia celular respectivamente.

Estudos futuros sobre a influência das fibras no metabolismo dos peixes, tais como avaliação do tempo de trânsito gastrointestinal e análise quantitativa das enzimas digestivas, poderão ser empregados com o objetivo de complementar as respostas ao comportamento das variáveis apresentadas no presente estudo e verificar como as fibras afetam a digestibilidade da espécie estudada. Poderão ser empregados também estudos sobre a relação entre carboidratos não estruturais e fibras nas dietas com intuito de avaliar possíveis alterações no metabolismo energético e promover melhor balanceamento da dieta evitando consequências negativas ao peixe.

7. REFERÊNCIAS

ANDERSON, J.W.; CHEN, W.J. Plant fiber: Carbohydrate and lipid metabolism. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 32 (2), p. 346-363, 1979.

BRAGA, L.G.T.; AZEVEDO, R.V.; CIPRIANO, F.S.; LIMA, K.S.; MAGALHÃES JUNIOR, F.O.; TONINI, W.C.T.; SANTOS, D.F. Inclusão de celulose em rações para juvenis de tambacu. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15 (3), 2014.

CABALLERO, M.J.; LÓPEZ-CABALERO, G.; SOCORRO, J.; ROO, F.J.; .LZQUIERDO, M.S.; FERNANDEZ, A.J. Combined effect of lipid level and fish meal quality on liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, v.2, p.179-277, 1999.

CAMARGO, M.; JUNIOR, H.G.; RAPPY PY-DANIEL, L. Acaris Ornamentais do Médio Rio Xingu. 1ª ed. Belém, PA. 2012.

CHOCT, M.; HUGHES, R.J.; WANG, J.; BEDFORD, M.R.; MORGAN, A.J.; ANNISON, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of nonstarch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science**, v. 37, p.609-621, 1996.

DABROWKI, K.; GUIDERLEY, H. Intermediary metabolism. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W (eds). Fish Nutrition. 3 ed. Washington: Academic Press, p. 309-365, 2002.

DHINGRA, D.; MICHAEL, M.; RAJPUT, R.; PATIL, R.T. Dietary fibre in foods: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 49 (3), p. 225- 266, 2012.

DIONDICK, O.B.; STOM, D.I. Effects of dietary & alpha;- cellulose levels on the juvenile tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture**, v. 91(3-4), p.311-315, 1990

ESQUÍVEL, J.R.; ZANIBONI FILHO, E.; VICENTINI, C. A. Utilização da fibra bruta na nutrição da piranjuba (*Brycon orbignyanus*). **Acta Scientiarum** (UEM), São Paulo, v. 21, n.3, p.725-731, 1999.

FABREGAT, T.E.H.P.; RODRIGUES, L.A.; NASCIMENTO, T.M.T.; URBINATI, E.C.; SAKOMURA, N.K.; FERNANDES, J.B.K. Fontes de fibra na alimentação do pacu:

desempenho, composição corporal e morfometria intestinal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.6, p.1533-1540, 2011.

FRACALOSSI DM, RODRIGUES APO, GOMINHO-ROSA MC. CARBOIDRATOS. In: Nutriaqua: Nutrição e alimentação de peixes de interesse para a aquicultura brasileira (FRACALOSSI, D.M, CYRINO, J.E.P, eds.) 1ed. Florianópolis. 2013.

GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A. Digestive system, p. 75-91. In: Atlas of Fish Histology (GENTEN, F.; TERWINGHE, E.; DANGUY, A, eds). Science Publishers, Enfield, NH, USA, 2009.

GONÇALVEZ, A.P. Ecologia e etnoecologia de *Hypancistrus zebra* (Siluriformes: Loricariidae) no rio Xingu, Amazônia Brasileira. Dissertação (Mestrado em Ecologia Aquática e Pesa). Universidade Federal do Pará, Belém. 2011, 137p.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble non-starch polysaccharides in poultry nutrition. **World's Poultry Science Journal**. v. 60, p.415-419, 2004.

HILTON, J.W.; ATKINSON, J.L.; SLINGER, S. J. Effect of increased dietary fiber on the growth of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **Canadian Journal of Fisheries Aquatic Science**, v.40, p.81-85, 1983.

HORN, M.H. Biology of marine herbivorous fishes. In: Oceanography and Marine Biology: an annual review (Barnes H, Barnes eds.). Aberdeen University Press, Aberdeen, Scotland. p.167-272, 1989.

IKEGAMI, S.; TSUCHIHASHI, F.; HARADA, H.; TSUCHIHASHI, N.; NISHIDE, E.; LNNAMI, S. Effect of viscous indigestible polysaccharides on pancreatic-biliary secretion and digestive organs in rats. **Journal of Nutrition**. v.120, p.353-36, 1990.

JOBLING M: **Environmental Biology of Fishes** (Chapman and Hall eds.) London p. 47-92, 175-210, 1995.

JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. Histologia básica. 11ed. Guanabara Kogan, p. 323-341, 2008.

KRAMER, D.L.; BRYANT.; M.J. Intestine length in the fishes of a tropical stream: 2. Relationships to diet - the long and short of a convoluted issue. **Environmental Biology of Fishes**, v. 42, p.129-143, 1995.

- KRITCHEVSKY, D. Dietary fiber. **Annual Review of Nutrition**, v. 8, p.301-328, 1988.
- KROGDAHL, Â.; HEMRE, G.L.; MOMMSEN, T.P. Carbohydrates in fish nutrition: digestion and absorption in postlarval stages. **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.103-122, 2005.
- KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. 3. Ed. Jundiaí: Degaspari. 97p.
- LANNA, E.A.T., et al. Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 2177-2185, 2004b.
- LEENHOUWERS, J.J.; VELD, M.T.; VERRETH, A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta characteristics and performance of African catfish (*Clarias gariepinus*) fed cereal grains that differ in viscosity. **Aquaculture**, v.264, n.1-4, p.330-341, 2007.
- LEENHOUWERS, J.L.; W.F. PELLIKAAN, H.F.A. HUIZING, R.O.M. COOLEN, J.A.J. VERRETH, AND J.W. SCHRAMA. Fermentability of carbohydrates in an in vitro batch culture method using inocula from Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture Nutrition**, v.14, p. 523-528, 2008.
- LEHNINGER AL: Princípios de bioquímica. 7.ed. São Paulo: Sarvier, 1991. 725p.
- MEURER, F; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.2, p.256-261, 2003.
- LIRA, A.D. Farelo de girassol na alimentação da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014. p. 59.
- MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundiá fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 240, p. 331-343, 2004.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J: A review of interaction between dietary fibre and the mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v. 108(1-4), p.95-117, 2003.

MORITA, K.; FURUICHI, M.; YONE, Y. Effect of carboxymethylcellulose supplemented to dextrin-type containing diets on the growth and feed efficiency of red sea bream. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 48, p. 1617-1620, 1982.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, DC: National Academic Press, 2011. 376p.

NELSON, J.A.; WUBAH, D.A.; WHITMER, M.E.; JOHNSON, E.A.; STEWART, D.J. Wood-eating catfishes of the genus *Panaque*: gut microflora and cellulolytic enzyme activities. **Journal of fish biology**, v.54 (5), p. 1069-1082, 1999.

PRANG, G. An Industry Analysis of the Freshwater Ornamental Fishery with Particular Reference to the Supply of Brazilian Freshwater Ornamentals to the UK Market. **UAKARI**, v.3, n.1, p.7-51, 2007.

PEDRON, F.A. Fibra na alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Maria. 2006, 65p.

PEDRON, F.A.; NETO, J.R.; EMANUELLI, T.; SILVA, L.P.; LAZZARI, R.; CORRÊIA, V.; BERGAMIN, G.T.; VEIVERBERG, C.A. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.93-98, 2008.

PEREIRA-FILHO, M.; CASTAGNOLLI, N.; STORTI-FILHO, A.; PEREIRA, M.I.O. Efeito de diferentes níveis de proteína e de fibra bruta na alimentação de juvenis de matrinxã, *Brycon cephalus*. **Acta Amazônica**, v. 24(3-4), p.1-8, 1994.

RAPP PY-DANIEL, L.; ZUANON, J.; OLIVEIRA, R.R. Two new ornamental loricariids catfishes of *Baryancistrus* from Rio Xingu drainage (Siluriformes: Hypostominae). **Neotropical Ichthyology**, v. 9(2), p.241-252, 2011.

RAŠKOVIĆ, B.S., STANKOVIĆ, M.B., MARKOVIĆ, Z.Z.; POLEKSIC, V.D. Histological methods in the assessment of different feed effects on liver and intestine of fish. **J. Agricult. Sci**, v.56(1), p.87-100, 2011.

RIBEIRO, F.A.S.; PRETO, B.M.; FERNANDES, J.B.K. Sistemas de criação para o acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*). **Acta Scientiarum. Animal Science**, v.30, n.4, p.459-466, 2008.

RODRIGUES, L.A.; FABREGAT, T.E.H.P.; FERNANDES, J.B.K.; NASCIMENTO, T.M.T. Digestibilidade e tempo de trânsito gastrointestinal de dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta para pacu. **Acta Sci. Anim. Sci.**, v.32, p.169-173, 2010a.

RODRIGUES, L.A.; FERNANDES, J.B.K.; FABREGAT, T.E.H.P.; SAKOMURA, N.K. Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. **Pesqui. Agropecu. Bras.**, v.45, p.897-903, 2010b.

RODRIGUES, A.P.O.; M.D.C. GOMINHO-ROSA, E. CARGNIN-FERREIRA, A. DE FRANCISCO, AND D.M. FRACALOSSO. Different utilization of plant sources by the omnivores jundiá catfish (*Rhamdia quelen*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v.18, p. 65- 72, 2012.

RODRIGUES, G.H. Poupa crítica na ração de cordeiros confinados: desempenho, digestibilidade das rações, características das carcaças e qualidade da carne. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005. p.77.

RUST, M.B. 2002. Nutritional Physiology. Pages 367-505 in J.E. Halver, and R.W. Hardy, editors. Fish Nutrition. Academic Press, San Diego, CA, USA.

SANTOS, A.A.; RANZANI-PAIVA, M.J.T.; FELIZARDO, N.N.; RODRIGUES, E. de L. Análise histopatológica de fígado de tilápia-do-nilo, *Oreochromis niloticus*, criadas em tanque-rede na represa de Guarapiranga, São Paulo, SP, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.30, p.141-145, 2004.

SHIAU, S.-Y.; YU, H.-L.; HWA, S.; CHEN, S.-Y.; HSU, S.-I. The influence of carboxymethylcellulose on growth, digestion, gastric emptying time and body composition of tilapia. **Aquaculture**, v.70, p.345-354, 1988.

SHIAU SY, LIANG HS: Nutrient digestibility and growth of hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, as influenced by agar supplementation at two dietary protein levels. **Aquaculture** 1994, 127(1):41-48.

SLAVIN, J.L. Dietary fiber and body weight. **Nutrition**, v.21, n.3, p.411 - 418, 2005.

STARK, .; MADAR, Z. Dietary fiber. In: Functional foods (Goldberg, Chapman and Hall eds.) New York, 1994, p183-201.

TACON, A.G.J.; HASAN, M.R.; ALLAN,G.; EL-SAYED, A.F.; JACKSON, A.; KAUSHIK,S.J.; NG, W-K.; SURESH, V.; VIANA, M.T. Aquaculture feeds: addressing the long-term sustainability of the sector. In: SUBASINGHE, R.P.; ARTHUR, J.R.; BARTLEY, D.M.; DE SILVA, S.S.; HALWART, M.; HISHAMUNDA, N.; MOHAN, C.V.; SORGELOOS, P. (Eds). Farming the waters for people and food. **Proceedings of the Global Conference on Aquaculture 2010**, Phuket, Thailand: FAO, Rome and NACA, Bangkok, 2012. P.193-231.

TIMPONE, I.T.; FERNANDES, J.B.K.; SCHORER, M.; FABREGAT, T.P.E.H. Digestibilidade aparentada casca de soja e da polpa cítrica para juvenis de pacu utilizando dois marcadores externos. **Rev. Acad. Agrár.Ambient**, v.6, n.4, p.465-478, 2008.

VOET, D., E J. VOET. 2006. Bioquímica. 3.ed. Artmed, Porto Alegre, R5, Brasil.

WASSEF E.A., WAHBY O.M. & SAKR E.M. Effect of dietary vegetable oils on health and liver histology of gilthead seabream (*Sparus aurata*) growers. **Aquacult. Res.** v. 38(8), p.852-861, 2007.

ZANONI, M.A. Níveis de fibra bruta em dietas de crescimento do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). (Master's Thesis in Aquaculture). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ZUANON, J. A. S. História natural da Ictiofauna de Corredeiras do rio Xingu, na região de Altamira, Pará. Tese (doutorado em Ecologia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 197p, 1999.