

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO PRODUTIVO E PARÂMETROS
METABÓLICOS DE JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus*
SUBMETIDOS A NÍVEIS CRESCENTES DE FIBRA BRUTA

Laurindo André Rodrigues

Zootecnista

JABOTICABAL

JULHO DE 2008

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA DA UNESP
CAMPUS DE JABOTICABAL

DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO PRODUTIVO E PARÂMETROS
METABÓLICOS DE JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus*
SUBMETIDOS A NÍVEIS CRESCENTES DE FIBRA BRUTA

Laurindo André Rodrigues

Orientador: João Batista K. Fernandes

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Aquicultura, do Centro de
Aquicultura da UNESP, Campus de Jaboticabal
como parte das exigências para obtenção do
título de Doutor em Aquicultura.

JABOTICABAL

JULHO DE 2008

R696d Rodrigues, Laurindo André
Digestibilidade, desempenho produtivo e parâmetros metabólicos de juvenis de Pacu *Piaractus mesopotamicus* submetidos a níveis crescentes de fibra bruta / Laurindo André Rodrigues. -- Jaboticabal, 2008

iv, 66 f. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura da UNESP, 2008

Orientador: João Batista Kochenborger Fernandes

Banca examinadora: Antonio Cleber da Silva Camargo, Luiz Edivaldo Pezzato, Elisabeth Criscuolo Urbinati, Carlo Rossi Del Carratore

Bibliografia

1. Nutrição de peixes. 2. Fibra bruta. 3. Pacu. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aqüicultura de UNESP.

CDU 639.3.043

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: DIGESTIBILIDADE, DESEMPENHO PRODUTIVO E PARÂMETROS METABÓLICOS DE JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus* SUBMETIDOS A NÍVEIS CRESCENTES DE FIBRA BRUTA.

AUTOR: LAURINDO ANDRÉ RODRIGUES

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOAO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de DOUTOR em AQUICULTURA pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. JOAO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES
Centro de Aquicultura da UNESP - CAUNESP, Jaboticabal

Prof. Dr. ANTÔNIO CLEBER DA SILVA CAMARGO
DEPTO. DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS/UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS/UFMG

Prof. Dr. LUIZ EDIVALDO PEZZATO
Departamento de Melhor e Nutri Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu

Profa. Dra. ELISABETH CRISCUOLO URBINATI
Departamento de Morfol e Fisiol Animal / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal

Prof. Dr. CARLO ROSSI DEL CARRATORE
DEPTO DE AQUICULTURA/UNIVERSIDADE DE MARÍLIA, SP

Data da realização: 18 de julho de 2008.


Presidente da Comissão Examinadora
Prof. Dr. JOAO BATISTA KOCHENBORGER FERNANDES

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. João Batista Kochenborger Fernandes pela orientação, dedicação, apoio, confiança e incentivo.

Aos professores. Dr. Dalton José Carneiro e Dra. Marta Verardino de Stefani pela participação na qualificação.

Às professoras Nilva Sakomura, Elizabeth Urbinati e Silvana Artoni pela disponibilização de seus laboratórios para realização das análises.

Aos professores Carlo Carratore, Antonio Silva Camargo, Edivaldo Pezzato e Elisabeth Urbinati pela valiosa participação na banca examinadora da defesa, disponibilidade e valiosa contribuição para conclusão deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido.

Ao amigo Thiago Balboa pela inestimável colaboração durante todas as fases de desenvolvimento deste trabalho.

Aos companheiros de laboratório: Tumor, Pastor, Leo, Strumi, Tilão, Julian, Casé, Mari, et al. pelos longos dias de cumplicidade e convívio.

Aos funcionários do CAUNESP: Maurão, Garnizé, Valdecir, Perereca, Daniel pela ajuda, boa convivência e amizade.

A secretária da PG Veralice Cappato pela amizade e os inúmeros favores prestados nesses anos de pós-graduação.

Aos amigos que fiz nesta fase e levarei pelo resto da vida: Dú e Dani, Janinha, Roquinho e Jaque, Dri, Cris e Jefe, Pati, Eliz, Jaiminho, Juca, Leo e Ana Bacarin, Paraca, Mok, Erico, Bauru, Cravo, Espinha, Pudim, Dinão e tantos outros que de alguma forma marcaram minha vida.

Aos meus Pais e Família que são o alicerce de toda minha vida.

A Michelle pela dedicação e paciência, Te Amo.

SUMÁRIO

Capítulo 1	1
Considerações iniciais	1
Introdução.....	2
Referências.....	12
Capítulo 2	17
Digestibilidade e tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de pacu <i>Piaractus mesopotamicus</i> alimentados com dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta.	17
Resumo.....	18
Abstract	19
Introdução.....	20
Material e Métodos.....	22
Resultados e Discussão	27
Conclusão.....	32
Referências.....	32
Capítulo 3	37
Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de juvenis de pacu <i>Piaractus mesopotamicus</i> alimentados com dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta.	37
Resumo.....	38
Abstract	39
Introdução.....	40
Material e Métodos.....	42
Resultados e discussão.....	48
Conclusão.....	59
Referências.....	59
Capítulo 4	65
Considerações finais	65

CAPÍTULO I
CONSIDERAÇÕES INICIAIS

INTRODUÇÃO

A fibra é importante fração alimentar para os herbívoros, principalmente os ruminantes. Na alimentação de monogástricos, a fibra foi considerada um agente anti-nutricional, prejudicial ao aproveitamento dos nutrientes e até limitando a produção. Do ponto de vista nutricional, sabe-se atualmente que a fibra dos alimentos o conceito básico de uma estrutura simples. Sua presença proporciona bem estar digestório para o animal com algumas consequências já estudadas e outras ainda a serem desvendadas. Além disso, existe uma disponibilidade muito grande de subprodutos agrícolas fibrosos, como os farelos de grãos, que podem ser adicionados à ração animal, diminuindo o seu custo.

Em várias espécies animais, a busca por alimentos que satisfaçam as exigências e possam substituir em parte os ingredientes tradicionais é constante. O valor de alimentos fibrosos, na nutrição de ruminantes, já é conhecido. Por outro lado, o papel da fibra no metabolismo de monogástricos, ainda não está muito bem estabelecido.

A produção animal está em constante adaptação às exigências do mercado consumidor. Uma das preocupações é com a saúde e o bem estar animal, com reflexos sobre a saúde humana. Desta forma, o equilíbrio da alimentação animal e a identificação de ingredientes fibrosos que contribuam para a manutenção deste equilíbrio, além dos efeitos sobre a digestibilidade,

vêm desmistificando o conceito de que a fibra é componente indesejável nas dietas. A fibra dietética, composta por polissacarídeos que não são degradados pelas enzimas digestivas, ganha importante significado, pois está intimamente relacionada com esses desejáveis benefícios a saúde animal.

É sabido que o desempenho de animais monogástricos está relacionado com o efeito dos processos digestórios nas partes anteriores do tubo gastrointestinal. A composição em carboidratos do alimento pode alterar o processo fermentativo do trato, alterando conseqüentemente o pH, fato que interfere diretamente na proliferação bacteriana e na integridade das células epiteliais do intestino.

As características físico-químicas e o papel da fibra na alimentação devem ser considerados na formulação das rações. O teor de fibra na dieta dependerá da viabilidade de processamento e das limitações metabólicas e fisiológicas da espécie.

Em relação aos peixes, existe a importância e a maior dependência de ingredientes de origem animal nas rações, elevando o custo da alimentação, visto que os animais não encontram em criações intensivas o mesmo balanceamento da dieta obtida em seus ambientes naturais (Pezzato, 1990).

Os estudos em nutrição de peixes estão sempre buscando novos alimentos que possam fazer parte das dietas, incrementando a produção e reduzindo os custos da alimentação. A fibra faz parte da dieta natural da

maioria dos peixes. Porém, poucos estudos têm sido realizados visando determinar realmente a sua função e os efeitos na alimentação destes animais.

Para melhorar e maximizar a utilização dos alimentos pelos peixes é necessário conhecer os efeitos de diferentes níveis de fibra no aproveitamento dos alimentos. Para isto, estudos sobre a digestibilidade dos principais ingredientes fibrosos utilizados em dietas de peixes são de fundamental importância. Além disto, estudos sobre a interferência da fibra na digestibilidade dos nutrientes das dietas, os efeitos fisiológicos da inclusão de fibra e o desempenho produtivo de peixes alimentados com diferentes níveis de fibra bruta podem resultar em maior precisão no balanceamento da dieta, atendendo as exigências das espécies nativas.

REVISÃO DE LITERATURA

A maioria das pesquisas científicas utiliza grandes quantidades de ingredientes fibrosos, mas não indica a composição detalhada da fibra ou simplesmente avalia o desempenho e, com base nisso, descreve aspectos anti-nutricionais da fibra. Portanto, torna-se difícil a observação dos efeitos benéficos que alguns componentes da fibra dos alimentos têm sobre a saúde e bem estar animal e, principalmente, as conseqüências positivas que podem agregar na qualidade e características organolépticas do produto. Assim, é de

fundamental importância a identificação desses efeitos para a produção animal e alimentação humana.

A fibra dietética é a parte estrutural das plantas que é resistente a hidrólise pelas enzimas do intestino delgado dos humanos (Thebaudin et al., 1997). Essa definição também é comumente utilizada para animais monogástricos (Montagne et al., 2003).

A fração fibra dos alimentos é composta por polissacarídeos não amiláceos (celulose, hemicelulose, gomas e outras substâncias pécnicas), lignina e outras substâncias não digeridas pelas secreções endógenas (Hilton et al., 1983). Sua composição pode variar bastante de acordo com a espécie e idade da planta (Andrigueto, 1981). A celulose e a lignina, por exemplo, em geral aumentam significativamente com a maturação da planta (Schneeman, 1986).

A fibra é parte significativa de todos os ingredientes de origem vegetal. A porção fibrosa pode ser dividida de acordo com a solubilidade em água: porção insolúvel (celulose) e porção parcialmente solúvel (mananoligossacarídeos, β -glucanas, pectinas, etc.). A variação em quantidade e estrutura da fibra é muito grande entre as diferentes fontes. As concentrações dos componentes variam entre diferentes plantas, entre as partes das mesmas seu estado de maturidade. A diversidade na estrutura química significa que elas possuem propriedades físicas diferentes (Hetland et al., 2004).

Segundo Choct (1997), a fibra em detergente neutro (FDN) se refere à porção insolúvel dos polissacarídeos não amiláceos (PNA's) mais lignina, e

fibra em detergente ácido (FDA) se refere a parte dos PNA's insolúveis composto em sua maioria, mas não exclusivamente, por celulose e lignina.

A fibra é dividida em duas frações: fibra solúvel e fibra insolúvel; e sua estrutura química determina seu efeito fisiológico (Slavin, 2005). As respostas fisiológicas da ação da fibra são determinadas pelas propriedades de cada componente de sua estrutura (Schneeman, 1987). As fibras insolúveis incluem celulose, lignina e algumas hemiceluloses e as suas principais fontes são o arroz e o trigo integral. As fibras solúveis incluem as pectinas, gomas, β -glucanos, mucilagens e algumas hemiceluloses, e são encontradas em frutas, aveia, cevada e leguminosas.

A fibra pode produzir efeitos fisiológicos variados, dependendo de sua natureza química e estrutura física, tais como tamanho da partícula, peso molecular e grau de esterificação (Bijlani, 1985). Os efeitos na digestão do alimento e absorção dos nutrientes são altamente influenciados pelas propriedades físicas e químicas da fibra (Wenk, 2001).

Todos os efeitos fisiológicos são exercidos primariamente na função gastrointestinal, sendo que alguns podem ser notados após uma única ingestão, enquanto que outros só poderão ser observados semanas após contínua ingestão afetando principalmente a motilidade do bolo alimentar, secreção de enzimas digestivas e absorção de nutrientes (Bach Knudsen, 2001; Montagne et al., 2003).

A alta capacidade de retenção de água das fibras aumenta a viscosidade intestinal e tem ampla implicação no aproveitamento dos nutrientes (Montagne et al., 2003). Conseqüentemente, quando a viscosidade é aumentada pode haver maximização da atividade microbiana no trato digestivo (Choct, 1997). Neste caso, a fermentação da fibra dietética depende da fonte de fibra, de sua capacidade de hidratação e solubilização, grau de lignificação, nível na dieta, tempo de trânsito intestinal e da espécie animal. Todos esses fatores, somados às alterações que eventualmente ocorrem durante o processamento e armazenamento dos alimentos, podem influenciar as propriedades funcionais e fisiológicas da fibra.

Fibras solúveis em água, como a goma guar e a pectina, podem atrasar o esvaziamento do estômago devido ao aumento da viscosidade da dieta (Wilmshirt e Crawley, 1980), influenciando a taxa de absorção de nutrientes. Entretanto, nem sempre a presença de fibras solúveis leva a elevação no tempo de esvaziamento gástrico (Tadesse, 1982), e outros fatores, como o pH do estômago, podem estar envolvidos. Fibras insolúveis reduzem o tempo de trânsito, aumentam o volume das fezes (Montagne et al., 2003), e tem grande capacidade de retenção de água, podendo absorver mais que 20 vezes o seu peso (Thebaudin et al., 1997).

O efeito da fibra em dietas para peixes ainda é assunto indefinido. Os trabalhos já realizados apresentam resultados contraditórios quanto à utilização da porção fibrosa dos alimentos. Ufodike e Matty (1983) observaram que

conforme se eleva o nível de fibra da dieta ocorre redução no crescimento de carpas.

A maioria dos estudos realizados com fibra está relacionada com os efeitos anti-nutricionais. Poucos estudos foram realizados sobre a digestibilidade e possíveis efeitos sinérgicos deste nutriente. Sabe-se que alguns oligossacarídeos estimulam o sistema imune e existem evidências de efeito benéfico sobre a microflora do intestino (Spring et al., 2000).

Em estudos com trutas arco-íris *Salmo gairdneri*, Hilton et al. (1983) demonstraram redução na taxa de crescimento em animais alimentados com dietas contendo 10 e 20% de fibra bruta em relação àqueles alimentados com dieta contendo 0% de fibra. Entretanto, os níveis de glicogênio hepático, índice hepatossomático e composição corporal não apresentaram diferenças entre os níveis de fibra testados.

Utilizando níveis de 10, 25 e 40% de inclusão de celulose em dietas para tilápias, Anderson et al. (1984) observaram progressivo atraso no crescimento dos peixes com o aumento do nível de inclusão. Storebakken (1985), em trabalho testando diferentes tipos de fibra, como alginato e goma guar, observou que a adição de fibra solúvel na dieta reduziu o consumo de alimento das trutas.

Segundo Madar e Thorne (1987), a fibra altera a taxa de utilização dos nutrientes por modificar o tempo de esvaziamento gástrico, agir na motilidade e trânsito intestinal e atuar na atividade de enzimas digestivas, além de agir na

captação de micelas de lipídeos, e, graças à interação com a superfície da parede intestinal, interferir na absorção de nutrientes. Esses autores afirmaram que a fibra pode interferir na digestibilidade de proteína, carboidratos e lipídeos. Os ingredientes ricos em fibras apresentam, ainda, quantidade considerável de fitatos que podem alterar a absorção de minerais.

Shiau et al. (1988) verificaram que tilápias híbridas alimentadas com dietas contendo 6, 10 e 14% de carboximetilcelulose (CMC) apresentaram pior conversão alimentar ($P < 0,05$) em relação aos peixes alimentados com a dieta contendo 2% de CMC. Entretanto, os animais alimentados com 2% de CMC tiveram o teor de extrato etéreo corporal aumentado. Este resultado pode estar associado a efeitos da fibra no metabolismo e deposição de gordura.

Utilizando níveis crescentes de celulose (0; 2,5; 5; 7,5 e 10%) em dietas para tilápia do Nilo *Oreochromis niloticus*, Dioundick e Stom (1990) demonstraram que os melhores resultados para crescimento, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica foram apresentados pelos animais alimentados com dietas contendo 2,5 e 5% de celulose.

Resultados discrepantes quanto à utilização da fibra na dieta sugerem que existem diferenças entre as espécies em termos de digestão e taxa de esvaziamento gástrico, que afetam o consumo e a utilização de nutrientes (NRC, 1993). Pereira-Filho et al. (1994) observaram que as concentrações de fibra bruta de 2, 10 e 20% na dieta de matrinxã *Brycon cephalus* não afetou o ganho de peso

e melhorou a qualidade da carcaça, elevando os teores de proteína e cinzas corporais e reduzindo a gordura.

Por outro lado, Garcia (1998) testando a utilização de níveis de 5 a 9% de fibra bruta na nutrição da piracanjuba, *Brycon orbignyianus*, demonstrou que a melhor resposta de ganho de peso foi obtida com a dieta contendo 9% de fibra bruta. A utilização de rações com níveis elevados de fibra bruta propiciou baixos níveis de gordura na carcaça, sem alterar o desempenho zootécnico.

Em estudo com o “European sea bass” *Dicentrarchus labrax*, Dias et al. (1998) constataram que os peixes aumentaram o consumo de ração para compensar a diluição de nutrientes, causada pela inclusão de fibra em uma dieta basal.

Para alevinos de tilápia, Meurer et al. (2003) observaram que o aumento dos níveis de fibra bruta não influenciou o desempenho e a sobrevivência dos animais, porém causou decréscimo linear no tempo de trânsito do bolo alimentar. Lanna et al. (2004) mostraram que pode-se incluir até 9 % de fibra bruta em dietas de alevinos de tilápia sem prejuízo do seu desempenho. Amirkolaie et al. (2005) observaram que inclusão de celulose ou goma guar, em dietas de tilápias, teve impacto negativo no coeficiente de digestibilidade dos nutrientes.

Hansen e Storebakken (2007) em estudo com truta arco íris não observaram relação significativa entre o nível de fibra dietária com o

crescimento, conversão alimentar, consumo e digestibilidade dos nutrientes, quando incluíram até 15% de celulose como fonte de fibra.

Vários estudos demonstram que a variação dos níveis de fibra bruta em dietas para peixes pode alterar o desempenho, a digestibilidade aparente, a velocidade do trânsito gastrointestinal, a morfologia do trato digestivo, o rendimento e a composição da carcaça dos peixes e no metabolismo de lipídeos (Tadesse, 1982; Madar e Thorne, 1987; Shiau et al., 1988; Dioundick e Stom, 1990; Pereira-Filho et al., 1994; Garcia, 1998; Bach Knudsen, 2001; Meurer et al., 2003; Lanna et al., 2004; Amirkolaie et al., 2005; Hansen e Storebakken, 2007).

Na alimentação de peixes devem ser consideradas as diferenças entre as espécies, às características morfofisiológicas do trato digestório, hábitos alimentares, exigências nutricionais e forma de aproveitamento do alimento, devido a grande diferença morfologia do tubo digestório com a variedade de espécies que compõe a ictiofauna.

O pacu *Piaractus mesopotamicus*, é amplamente cultivado nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, possui ampla distribuição geográfica e pode ser encontrado desde a Bacia dos Rios Paraná-Paraguai até a Bacia do Rio Prata. É uma espécie que varia a fonte de alimento de acordo com a sazonalidade. Silva (1985) em estudo sobre o regime alimentar encontrou no estômago do pacu, folhas, resíduos vegetais e raramente restos e esqueletos de peixes e moluscos, constatando que se trata de uma espécie herbívora com tendência frugívora, do tipo podador.

Portanto, há a necessidade de se conhecer os níveis ideais e máximos de fibra bruta que devem conter nas rações das diferentes espécies de peixe, principalmente as espécies nativas.

O objetivo deste trabalho foi estudar os efeitos da inclusão de diferentes níveis de fibra dietária na digestibilidade das dietas, tempo de trânsito gastrointestinal, desempenho produtivo e parâmetros fisiológicos e histomorfológicos do intestino do pacu.

REFERÊNCIAS

AMIRKOLAIE, A.K.; LEENHOUWWER, J.I.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Type of dietary fiber (soluble vs insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, 36, 1157-1166, 2005.

ANDERSON, J.; JACKSON, A.J.; MATTY, A.J.; CAPPER, B.S. Effects of dietary carbohydrate and fiber on the tilapia *Oreochromis niloticus* (Linn). **Aquaculture**, 37, 303-314, 1984.

ANDRIGUETO J.M. **As bases e os fundamentos da nutrição animal. Os alimentos**. Editora Nobel, São Paulo, 1981. 395p.

BACH KNUDSEN, K.E. The nutritional significance of “dietary fiber” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, 90, 3-20, 2001.

BIJLANI, R.L. Dietary fiber: consensus and controversy. **Progress in Food and Nutrition Science**, 9, 343-393, 1985.

CHOCT, M. Feed non-starch polysaccharides: Chemical structures and nutritional significance. **Feed Milling International**, 6, 13-26, 1997.

DIAS, J.; HUELVAN, C.; DINIS, M.T.; MÉTALIER, R. Influence of dietary bulk agents (silica, cellulose and natural zeolita) on protein digestibility, growth, feed intake and feed transit time in European seabass *Dicentrarchus labrax* juveniles. **Aquatic Living Resource**, 11, 4, 219-226, 1998.

DIOUNDICK, O.B.; STOM, D.I. Effects of dietary-cellulose levels on the juvenile tilápia *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture**, 91, 311-315, 1990.

GARCIA, J.R.E. **Utilização da fibra bruta na nutrição da piracanjuba *Brycon orbignyanus***. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1998. 60p. Tese (Doutorado em Aquicultura), Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP-UNESP, 1998.

HANSEN, J.O.; STOREBAKKEN, T. Effects of dietary cellulose level on pellet and nutrient digestibility in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 272, 458-465, 2007.

HETLAND, H.; CHOCT, M.; SVIHUS, B. Role of insoluble non starch polysaccharides in poultry nutrition. **World`s Poultry Science Journal**, 60, 415-423, 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 and Aquatic Science**, 40, 81-85, 1983.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M.; VICENTINI, C.A.; CECON, P.R.; BARROS, M.M. Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33, 6, 2177-2185, 2004.

MADAR, Z.; THORNE, R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition Science**, 11, 153-174, 1987.

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

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**, 108, 95-117, 2003.

NRC (National Research Council), **Nutrient requirements of fish**, National Academy Press, Washington, DC, USA. 114p. 1993.

PEREIRA-FILHO, M.; CASTAGNOLLI, N.; KRONKA, S.N. Efeito de diferentes níveis de proteína e de fibra bruta na alimentação de juvenis de matrinxã *Brycon cephalus*. **Acta Amazonica**, 24, 3, 1-8, 1994.

PEZZATO, L.E. Alimentos mais utilizados para peixes. In: Castagnolli, N. (Ed.) **Piscicultura**. Jaboticabal, 87-99, 1990.

SCHNEEMAN, B.O. Dietary fiber: Physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects. **Food Technology**, 40, 2, 104-110, 1986.

SCHNEEMAN, B.O. Soluble vs insoluble fiber- Different physiological responses. **Food Technology**, 41, 81-82, 1987

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 tilápia, **Aquaculture**, 70, 345-354, 1988.

SILVA, A.J. Regime alimentar do pacu, *Colossoma mitrei* no Pantanal do Mato Grosso em relação à flutuação do nível da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, Campinas. **Anais...** 1985. p.179.

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

SPRING, P.; WENK, C.; DAWSON, K.A.; NEWMAN, K.E. The effects of dietary mannaoligosaccharides on cecal parameters and the concentrations of enteric bacteris in the ceca of salmonella-challenged broiler chicks. **Poultry Science**, 79, 205-211, 2000.

STOREBAKKEN, T. Binders in fish feeds I. Effects of alginate an guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. **Aquaculture**, 47, 1, 11-26, 1985.

TADESSE, K. The effects of dietary fiber components on gastric secretion and emptying in man. **Journal of Physiology**, 332, 102-103, 1982.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C.M. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends in Food Science**, 8, 41- 48, 1997.

UFODIKE, E.B.C.; MATTY, A.J. Growth responses and nutrient digestibility in mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed different levels of cassava and rice. **Aquaculture**, 31, 1, 41-50, 1983.

WENK, C. The role of fibre in digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, 90, 21-33, 2001.

WILMSHIRT, P.; CRAWLEY, J.C.W. The measurement of gastric transit time in obese subjects using Na and the effects of energy contents and guar gum on gastric emptying and satiety. **British Journal of Medicine**, 4, 1-6, 1980.

CAPITULO II

**DIGESTIBILIDADE E TEMPO DE TRÂNSITO GASTROINTESTINAL DE
JUVENIS DE PACU *Piaractus mesopotamicus* ALIMENTADOS COM
DIETAS CONTENDO NÍVEIS CRESCENTES DE FIBRA BRUTA.**

**Digestibilidade e tempo de trânsito gastrointestinal de juvenis de pacu
Piaractus mesopotamicus alimentados com dietas contendo níveis crescentes
de fibra bruta**

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a digestibilidade e o tempo de trânsito gastrointestinal (TTGI) de dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta (5, 7, 9, 11, 13 e 15%) para pacu. Os experimentos foram realizados no Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal - SP. Para o teste de digestibilidade foram utilizados 288 juvenis de pacu ($43 \pm 2,2$ g) em um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Os animais foram previamente alimentados em aquários e transferidos para coletores de fezes do tipo Guelf Modificado, utilizando-se o método de coleta parcial de fezes. As rações foram marcadas com 1% de óxido de cromo para a determinação da digestibilidade da proteína e energia das dietas. No ensaio de TTGI, 288 pacus ($48,25 \pm 3,06$ g) foram distribuídos em 24 aquários em delineamento inteiramente casualizado. Os peixes foram alimentados com rações contendo 1% óxido de titânio ou cromo que apresentam cores diferentes, verde ou branca. Por meio de massagem abdominal foi averiguada periodicamente a cor das fezes. O TTGI foi estabelecido quando as fezes de todos os peixes apresentaram cor verde. Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, matéria seca e energia das dietas foram influenciados pelo aumento do nível de fibra apresentando redução com a elevação deste nutriente nas rações. Da mesma forma, o aumento da fibra reduziu o TTGI. Os peixes alimentados com os três níveis mais altos de fibra (11, 13 e 15%) apresentaram TTGI médio de 18 horas, enquanto os peixes alimentados com os menores níveis (5, 7 e 9%) completaram o TTGI em 20 horas. Conclui-se que em dietas para juvenis de pacu pode-se empregar até 9% de fibra bruta sem efeito negativo na digestibilidade da energia, proteína e matéria seca e sem alterar o TTGI.

Palavras-chave: fibra bruta, digestibilidade, tempo de trânsito, nutrição, pacu.

Digestibility and gastrointestinal transit time of pacu *Piaractus mesopotamicus* juveniles fed increasing dietary fiber levels

ABSTRACT

This work aimed evaluated the effect of increasing dietary fiber levels (5, 7, 9, 11, 13 and 15%) on pacu digestibility and gastrointestinal transit time (GTT). The experiments were developed on São Paulo State University Aquaculture Center. The digestibility trial used 288 pacu juveniles ($43\pm 2,2\text{g}$) in a completely randomized design. The fish were previously fed in aquaria and transferred to feces collector of Guelf type, using the partial sampling method. The inert marker on the diets was chromic oxide (1%) to establish the dietary protein and energy digestibility. In the GTT assay 288 pacu juveniles ($48.25\pm 3.06\text{g}$) were distributed in 24 aquaria with completely randomized design. Fish were fed with two colored diets, green and white color, and the color of feces was determined after abdominal pressure. The white and green diets used 1% of titanium and chromic oxides, respectively. The total GTT was determined when all fish showed green feces. The apparent energy and protein digestibility coefficients reduced as dietary fiber levels increased. Fish fed with high fiber levels (11, 13 and 15%) completed the GTT in 18 hours, while fish fed lower fiber levels (5, 7 and 9%) completed in 20 hours. These results indicated that 9% of dietary fiber can be used in pacu juveniles diets without negative effects on energy and protein digestibility and GTT.

Key words: crude fiber, digestibility, gastrointestinal transit time, pacu.

INTRODUÇÃO

A fibra dietária é uma complexa mistura de polímeros de carboidratos associados a outros componentes. A fibra não constitui um grupo químico definido, é combinação de substâncias quimicamente distintas como celulose, hemicelulose, pectina, lignina, e polissacarídeos, constituintes da parede celular de plantas (Thebaudin et al., 1997). Os polissacarídeos não amiláceos são os principais formadores da fibra, sendo divididos em solúveis e insolúveis (Amirkolaie et al., 2005).

A composição da fibra pode variar bastante de acordo com a espécie e idade da planta (Andrigheto, 1981). A celulose e a lignina, por exemplo, em geral, aumentam significativamente de concentração com a maturação da planta (Schneeman, 1986). As propriedades físicas e químicas dos componentes que formam a fibra são importantes na determinação das respostas fisiológicas de sua inclusão na dieta (Schneeman, 1987; Kritchevsky, 1988).

Elevados níveis de fibras na dieta reduz o tempo de trânsito, o que pode ocasionar redução na digestibilidade dos nutrientes da dieta (Kritchevsky, 1988; Choct, 1997). Dietas com altos níveis de fibra causam aumento na secreção de fluidos endógenos, aumentando a ação do peristaltismo e, com isso, reduzindo o tempo de trânsito da digesta (Wenk, 2001).

Em estudo com fibra dietária, Montagne et al. (2003) relataram que as fibras solúveis aumentam o tempo de trânsito, prejudicam a absorção de glicose e reduzem a velocidade de absorção, enquanto fibras insolúveis reduzem o

tempo de trânsito e aumentam a capacidade de retenção de água em animais monogástricos.

Estudos com dietas para peixes demonstram alterações no crescimento e aproveitamento da dieta quando o nível de fibra é elevado. Dioundick e Stom (1990) relataram que tilápias (*Oreochromis mossambicus*) alimentadas com 2,5 e 5% de celulose na dieta apresentaram crescimento melhor em relação aquelas alimentadas com dietas contendo 10% de celulose.

Shiau e Liang (1994) relataram depleção no crescimento e digestibilidade dos nutrientes em alevinos de tilápias alimentados com rações contendo altos níveis de fibra devido a redução da digestibilidade. Lanna et al. (2004) observaram, em estudo com tilápias (*Oreochromis niloticus*), que níveis crescentes de fibra bruta interferem significativamente na digestibilidade aparente e no tempo de transito gastrointestinal.

Segundo Amirkolaie et al. (2005), a adição de celulose em dietas de tilápia não apresenta efeitos adversos no crescimento e coeficiente de digestibilidade dos nutrientes da dieta.

Hilton et al. (1983) relataram que as trutas arco-íris (*Salmo gairdneri*) se adaptam à elevação do nível de fibra, aumentando o consumo da dieta. Por outro lado, o coeficiente de digestibilidade da matéria seca é reduzido proporcionalmente de acordo com o aumento da fibra dietária.

Storebakken (1985) relatou que a inclusão de fibras solúveis, como alginato e goma guar, em dietas para trutas arco-íris, reduziu a digestibilidade

da proteína e gordura. Em contraste, alimentando pargos (*Pagrus major*) com dietas contendo 3, 6, 9 e 12% de carboximetilcelulose, Morita et al. (1982) observaram melhora no crescimento e eficiência alimentar com o aumento da fibra. Dias et al. (1998) mostraram que adicionando 10 ou 20% de celulose em dietas de *Dicentrarchus labrax* não alterou os resultados de crescimento, digestibilidade de proteína e eficiência alimentar.

O pacu, *Piaractus mesopotamicus*, é uma espécie amplamente cultivada no Brasil, possui ampla distribuição geográfica e pode ser encontrado desde a Bacia dos Rios Paraná-Paraguai até a Bacia do Rio Prata. É espécie oportunista que varia a fonte de alimento de acordo com a sazonalidade. Em estudo sobre o regime alimentar do pacu foi encontrado no estômago folhas, resíduo vegetal e raramente restos e esqueletos de peixes e moluscos, constatando que se trata de espécie frugívora-herbívoros do tipo podador (Silva, 1985), e que pode tolerar níveis mais elevados de fibra em sua dieta.

O objetivo do presente trabalho foi estudar a influência de níveis crescentes de fibra bruta na digestibilidade da proteína e energia da dieta assim como no tempo de trânsito gastrointestinal em juvenis de pacu.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na Universidade Estadual Paulista no Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), Campus de Jaboticabal.

Digestibilidade:

O ensaio de digestibilidade das dietas foi realizado no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, utilizando 24 aquários de 120 litros e seis coletores de fezes cilíndrico-cônicos do tipo Guelf modificado. Foram utilizados 288 juvenis de pacu com peso médio de $43 \pm 2,2$ gramas, em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e quatro repetições.

Os peixes foram alimentados durante cinco dias nos aquários e transferidos em grupos de seis aquários para os coletores de fezes, segundo metodologia de Abimorad e Carneiro (2004). A temperatura da água manteve-se em 28°C. As análises do oxigênio dissolvido e pH da água foram realizadas no início e final do experimento com equipamentos eletrônicos.

As dietas experimentais foram formuladas com base nas exigências já estabelecidas para o pacu (Fernandes et al., 2001) e continham níveis crescentes de fibra bruta (Tabela 1). A energia digestível das dietas foi calculada de acordo com os coeficientes de digestibilidade dos ingredientes apresentados por Abimorad e Carneiro (2004) e Fabregat et al. (2007). Foi adicionado 1% de óxido de cromo como marcador inerte e a principal fonte de fibra empregada nas rações foi a celulose. A celulose utilizada foi da marca RHOSTER, microfina, com 98% de pureza e 78% de fibra bruta.

Tabela 1: Formulação e composição centesimal das dietas experimentais.

Ingrediente (%)	Níveis de fibra bruta(%)					
	5	7	9	11	13	15
Farelo de soja	37,6	35,9	29	23,1	17,5	14,5
Soja integral tostada	4,9	6,9	12,4	17,1	19,9	22,4
Farinha de peixe	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9	9,9
Milho	11,9	10,9	12,3	9,4	3,9	1,6
Amido de milho	24,9	22,4	14,9	9,9	3,9	0,4
Farelo de trigo	1,9	2,9	9,6	17,8	31,3	35,7
Óleo de soja	3,5	3,2	1,9	0,9	0,3	-
Suplemento ¹	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Calcário	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9
Celulose	1,6	4,1	6,2	8,1	9,5	11,7
Marcador ²	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Total	100	100	100	100	100	100
Composição calculada						
PB%	25,72	25,74	25,74	25,73	25,72	25,72
EB(kcal.kg ⁻¹)	3992	3913	3863	3819	3795	3730
ED (kcal.kg ⁻¹)	3132	3106	3140	3158	3176	3165
EE%	6,53	6,60	6,55	6,53	6,55	6,65
FB%	5,04	7,07	9,20	11,26	13,27	15,37
MM%	5,44	5,48	5,69	5,94	6,34	6,48
Ca%	1,57	1,57	1,57	1,58	1,58	1,59
P. total%	0,66	0,67	0,73	0,79	0,88	0,91
P. útil%	0,44	0,44	0,45	0,46	0,49	0,50

¹ Suplemento vitamínico mineral Rovimix®: Vitaminas A: 500000UI; D3: 200000UI; E: 5000UI; K3: 1000mg; B1: 1500mg; B2: 1500mg; B6: 1500mg; B12: 4000mg; C: 15000mg; ácido fólico: 500mg; ác. pantotênico: 4000mg; BHT: 12,25g; biotina: 50mg; inositol: 1000mg; nicotinamida: 7000mg; colina: 40g; cobalto: 10mg; cobre: 500mg; ferro: 5000mg; iodo: 50mg; manganês: 1500mg; selênio: 10mg; zinco: 5000mg; veículo qsq: 1000g.

² óxido de cromo ou óxido de titânio

A determinação do cromo foi feita através da metodologia de Furukawa e Tsukarara (1966) e a leitura em absorvância feita em espectrofotômetro de absorção atômica. Foi determinada a digestibilidade aparente (DA) da proteína e energia por meio da equação descrita por Nose (1966):

$$DA = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_{3r}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \times \left(\frac{\%N_f}{\%N_r} \right) \right]$$

sendo que:

$\%Cr_2O_{3r}$ = percentual de óxido de cromo na dieta;

$\%Cr_2O_{3f}$ = percentual de óxido de cromo nas fezes;

N_r = nutrientes na ração;

N_f = nutrientes nas fezes.

Tempo de trânsito gastrointestinal:

O experimento de tempo de trânsito gastrointestinal foi realizado no Laboratório de Peixes Ornamentais com duração de 10 dias. A temperatura da água dos aquários foi mantida a 28°C com utilização de aquecedor com termostato. As análises de oxigênio dissolvido e pH da água dos aquários foram realizadas no início e final do experimento.

Foram utilizados 288 juvenis de pacu, com peso médio de 48,25±3,06 gramas, distribuídos em 24 aquários de 200 litros, utilizando um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e quatro repetições. Para se determinar o momento em que o animal completou o tempo de trânsito

gastrointestinal foram adicionados marcadores nas dietas (Tabela 1). Na primeira, a dieta foi acrescida de 1% de óxido de titânio, que lhe confere cor branca (dieta branca); e a outra foi adicionado 1% de óxido de cromo que lhe confere cor verde (dieta).

Durante cinco dias os peixes foram alimentados com dieta branca antes de trocar para dieta verde. A partir do momento em que os peixes foram alimentados com a ração verde foi marcado o horário inicial e, a partir daí, começou a contar o tempo de trânsito gastrointestinal. Oito horas após o início e a cada duas horas foram feitas coletas de fezes.

Os peixes foram anestesiados com benzocaina (1g/10 litros de água) e a coleta foi feita através de massagem abdominal para averiguação da cor das fezes. A cada verificação eram dadas notas (0; 0,25; 0,5; 0,75 e 1,0) em função da tonalidade de cor verde das fezes. Quando todas as repetições apresentaram fezes totalmente verdes (média= 1,0) foi considerado completo o tempo de trânsito gastrointestinal (Storebakken et al., 1998).

Os dados foram analisados através do programa estatístico SAS para Windows versão 9.1, sendo os resultados submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste de F. Quando foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento de digestibilidade a média de temperatura da água dos aquários se manteve próxima de 28°C, o teor de oxigênio dissolvido médio foi de 7,56 mg/L e a média de pH foi 7,40. Durante o experimento de tempo de trânsito a temperatura da água foi mantida em 28°C, a concentração média de oxigênio dissolvido foi 7,48 mg/L e a média de pH 6,90. Nas duas situações, os parâmetros de qualidade da água permaneceram dentro dos padrões estabelecidos para peixes tropicais (Boyd, 1990).

Os resultados de digestibilidade aparente da proteína, energia e matéria seca das dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta na alimentação de juvenis de pacu são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Média e desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína (CDAPB), energia (CDAEB), matéria seca (CDAMS) e extrato etéreo (CDAEE) de dietas contendo níveis crescentes de fibra na alimentação de juvenis de pacu.

%fibra bruta	CDAPB (%)	CDAEB (%)	CDAMS (%)	CDAEE
5	90,03±1,01a ¹	81,77±1,78a	77,31± 2,38a	96,03a
7	89,80±1,79a	79,41±5,52a	74,29± 6,86a	94,95a
9	88,87±1,32a	72,09±3,42ab	66,35± 4,32ab	94,97a
11	83,89±5,03b	59,77±13,64bc	51,57±17,08bc	91,64b
13	82,78±2,63bc	46,07±13,34c	36,01±15,57c	88,33c
15	78,87±3,66c	46,36±9,62c	40,61±10,82c	89,50bc
CV	3,43	14,12	19,02	1,75

¹ médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan (P<0,05).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína, da energia, da matéria seca e extrato etéreo da dieta apresentaram redução significativa em função dos níveis de inclusão da fibra ($P < 0,05$). Até 9% de fibra bruta na dieta, não houve alteração significativa na digestibilidade das dietas. Ao ultrapassar este nível de inclusão de fibra na dieta, ocorreu uma redução gradativa nos valores de digestibilidade da proteína, energia e matéria seca.

Segundo Kritchevsky (1988), o uso de fibras insolúveis reduz a atividade de enzimas digestivas como amilase, lipase, tripsina e quimiotripsina; o que pode ter proporcionado a redução na digestibilidade apresentada pelos pacus.

Os resultados apresentados pelo pacu (Tabela 2) diferem dos encontrados por Hansen e Storenbakken (2007), em estudo com trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*). Esses autores observaram que com a inclusão de até 15% de celulose como fonte de fibra, não houve alteração dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes da dieta.

Dias et al. (1998) não verificaram efeito na digestibilidade da proteína em “European sea bass” (*Dicentrarchus labrax*) alimentados com 10 e 20% de celulose na dieta. Hilton et al. (1983) relatam que a elevação do nível fibra bruta, com inclusão de celulose, reduz o coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca da dieta indicando que a digestibilidade da fibra não é significativamente diferente de zero.

Amirkolaie et al. (2005), em trabalho com tilápias, verificaram que 8% de celulose, como fonte de fibra, não alterou o coeficiente de digestibilidade dos

nutrientes, entretanto o emprego da goma guar, como fonte de fibra, proporcionou efeito negativo na digestibilidade.

A digestibilidade da proteína é mais afetada quando se utiliza fibra solúvel (pectina) como fonte de fibra do que fibra insolúvel (celulose) que apresenta, na maioria dos casos, efeitos marginais (Bach Knudsen, 2001). Entretanto, níveis elevados de fibras insolúveis na dieta podem reduzir a digestibilidade dos nutrientes da dieta (Choct, 1997).

A redução da digestibilidade da energia e do EE nos maiores níveis de fibra (Tabela 2) pode ser atribuída ao fato da fibra agir na captação de micelas de gordura no intestino reduzindo a disponibilidade da energia (Madar e Thorne, 1987).

No presente estudo, os níveis acima de 9% de fibra provocaram efeito negativo na digestibilidade (Tabela 2), o que pode ser atribuído à característica da fibra insolúvel de reter maior quantidade de água no bolo alimentar dificultando a ação dos sais biliares e enzimas digestivas (Thebaudin et al.;1997; Montagne et al., 2003).

A comparação das médias das notas atribuídas as cores das fezes, no experimento de tempo de trânsito gastrointestinal, está resumida e apresentada na Tabela 3.

Tabela 3: Média das notas atribuídas às notas do tom de verde das fezes de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta, em experimento de tempo de trânsito gastrointestinal.

Fibra bruta na dieta (%)	Tempo de Trânsito		
	16 horas	18 horas	20 horas
5	0,70Aa ¹	0,89Aa	1,00Ba
7	0,70Aa	0,90Aa	1,00Ba
9	0,75Aa	0,89Aa	1,00Ba
11	0,78Aa	1,00Bb	1,00Ba
13	0,82Aa	1,00Bb	1,00Ba
15	0,75Aa	1,00Bb	1,00Ba

¹ Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Letras maiúsculas na linha representam os tempos de coleta e minúsculas na coluna os tratamentos.

O tempo de trânsito gastrointestinal foi alterado com a elevação dos níveis de fibra bruta na dieta acima de 9%. Os resultados apresentaram duas modas para dois grupos de animais. Os animais alimentados com dietas contendo 5, 7 e 9% de fibra bruta tiveram o tempo de trânsito completo em 20 horas após a alimentação, enquanto os animais alimentados com níveis mais elevados (11, 13 e 15%) demonstraram redução no tempo de trânsito ($P < 0,05$), completando-o em 18 horas (Tabela 3).

Segundo Montagne et al. (2003) a elevação da fibra na dieta provoca aceleração do fluxo gastrointestinal causando perdas endógenas, com conseqüente redução do tempo de trânsito e da digestibilidade da proteína e extrato etéreo. Choct (1997) relata que quando materiais indigestíveis são adicionados a dieta, o alimento passa mais rapidamente pelo tubo digestório

devido ao aumento de volume. O alto nível de fibra insolúvel, como celulose, aumenta os movimentos peristálticos e com isso reduz o tempo de trânsito (Wenk, 2001).

A redução no tempo de retenção do bolo alimentar foi determinada para os maiores níveis de inclusão de fibra bruta. Sugere-se que a capacidade das dietas com altos níveis de fibra de reter mais água tenha contribuído com a redução do tempo de trânsito.

Hilton et al. (1983) relataram diminuição no tempo de trânsito gastrointestinal e na digestibilidade da dieta de trutas arco-íris com a elevação do nível de fibra na dieta de 10 para 20%, e sugerem que a diminuição da digestibilidade causa redução no crescimento.

A retenção do bolo alimentar pelo trato digestório do animal é responsável pelo tempo que o alimento fica exposto aos processos digestivos e absorptivos do organismo e a redução do tempo de retenção influencia a eficiência desses processos (NRC, 1993).

A redução da digestibilidade dos nutrientes da dieta pode estar relacionada com o tempo de trânsito gastrointestinal. Os menores coeficientes de digestibilidade aparente foram observados nos animais que apresentaram menor tempo de trânsito, sugerindo que o aumento na velocidade de trânsito, causada pela adição de altos níveis de fibra bruta na dieta, pode ter proporcionado uma menor absorção dos nutrientes e, conseqüentemente, redução na digestibilidade da dieta.

CONCLUSÃO

Devido ao hábito alimentar apresentado pelo pacu, sugere-se que a inclusão de fibra bruta em dietas para juvenis pode ser de até 9%, sem efeito negativo na digestibilidade dos nutrientes da dieta e no tempo de trânsito gastrointestinal.

REFERÊNCIAS

ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33, 5, 1101-1109, 2004.

AMIRKOLAIE, A.K.; LEENHOUWWER, J.I.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W.; Type of dietary fibre (soluble versus insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, 36, 1157-1166, 2005.

ANDRIGUETO J.M. **As bases e os fundamentos da nutrição animal. Os alimentos**. Editora Nobel, São Paulo, 1981. 395p.

BACH KNUDSEN, K.E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, 90, 3-20, 2001.

BOYD, E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn University, Auburn. 482p, 1990.

CHOCT, M. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science**, v.37, p. 609-621, 1997.

DIAS, J.; HUELVAN, C.; DINIS, M.T.; MÉTALIER, R. Influence of dietary bulk agents (silica, cellulose and natural zeolita) on protein digestibility, growth, feed intake and feed transit time in European seabass *Dicentrarchus labrax* juveniles. **Aquatic Living Resources**, 11, 4, 219-226, 1998.

DIOUNDICK, O.B.; STOM, D.I. Effects of dietary-cellulose levels on the juvenile tilápia *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture**, 91, 311-315, 1990.

FABREGAT, T.E.H.P.; FERNANDES, J.B.K.; RODRIGUES, L.A.; BORGES, F.F.; PEREIRA, T.S.; NASCIMENTO, T.M.T. Determinação da digestibilidade aparente da energia e proteína de alimentos selecionados para juvenis de Pacu *Piaractus mesopotamicus*. In: Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce. Dourados. **Anais...** 2007.

FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30, 3, 617-626, 2001.

FUKURAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish feed. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, 32, 6, 502-506, 1966.

HANSEN, J.O.; STOREBAKKEN, T. Effects of dietary cellulose level on pellet and nutrient digestibility in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 272, 458-465, 2007.

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 and Aquatic Science**, 40, 81-85, 1983.

KRITCHEVSK D. Dietary fiber. **Annual Reviews of Nutrition**, 8, 303-328, 1988.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E. CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BOMFIM M.A.D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrointestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função de fibra da dieta. **Revista brasileira de zootecnia**, 33, 6, 2186- 2192, 2004.

MADAR, Z.; THORNE,R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition Science**, 11, 153-174, 1987.

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**, 108, 95-117, 2003.

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

NOSE, T. Recent advances in the study of digestion in Japan. In: SIMPOSIUM ON FINFISH NUTRITION AND FEED TECHNOLOGY, Belgrade. **Proceedings...**Belgrade: EIFAC/FAO, 1966. 15p.

NRC (National Research Council), **Nutrient requirements of fish**, National Academy Press, Washington, DC, USA.114p. 1993.

SCHNEEMAN, B.O. Dietary fiber: Physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects. **Food Technology**, 40, 2, 104-110, 1986.

SCHNEEMAN, B.O. Soluble vs insoluble fiber – Different physiological responses. **Food Technology**, 41, 81-82, 1987

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

SHIAU S.Y.; LIANG, H.S. Nutrient digestibility and growth of hybrid tilápia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*, as influenced by agar supplementation at two dietary protein levels. **Aquaculture**, 127, 41-48, 1994.

SILVA, A.J. Regime alimentar do pacu, *Colossoma mitrei* no Pantanal do Mato Grosso em relação à flutuação do nível da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, Campinas. **Anais...** 1985. p.179.

STOREBAKKEN, T. Binders in fish feeds I. Effects of alginate and guar gum on growth, digestibility, feed intake and passage through the gastrointestinal tract of rainbow trout. **Aquaculture**, 47, 1, 11-26, 1985.

STOREBAKKEN, T. ; KVIEN, I.S.; SHEARER K.D.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S.J.; BERGE. G.M. The apparent digestibility of diets containing fish meal, soybean meal or bacterial meal fed to Atlantic salmon *Salmo salar* : evaluation of different faecal collection methods. **Aquaculture**, 169, 195- 210, 1998.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; HARRINGTON, M.; BOURGEOIS, C.M. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends in Food Science**, 8, 41- 48, 1997.

WENK, C. The role of fibre in digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, 90, 21-33, 2001.

CAPITULO III

**DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E
PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E HISTOMORFOLÓGICOS DE JUVENIS
DE PACU (*Piaractus mesopotamicus*) ALIMENTADOS COM NÍVEIS
CRESCENTES DE FIBRA BRUTA**

Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos e histomorfológicos de juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus* alimentados com níveis crescentes de fibra bruta

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi estudar a inclusão de diferentes níveis de fibra bruta em dietas práticas do pacu. O experimento foi desenvolvido em 84 dias no Centro de Aquicultura da UNESP. Foram utilizados 360 juvenis de pacu ($23,97 \pm 0,59$ g) aleatoriamente distribuídos em 24 tanques com 180L de água, em um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos (5, 7, 9, 11, 13 e 15% de fibra bruta) e quatro repetições. Avaliou-se o desempenho produtivo, a composição centesimal de carcaça, parâmetros fisiológicos sanguíneos e hepáticos e histomorfologia da parede do duodeno. Verificou-se diferença estatística no crescimento dos peixes. Dietas com altos níveis de fibra (11, 13 e 15%) resultaram piora no ganho de peso, conversão alimentar, consumo, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência protéica em comparação aos demais níveis de inclusão (5, 7 e 9%). A composição da carcaça dos animais foi alterada pelo aumento do nível de fibra das dietas. O teor de proteína e cinza da carcaça apresentou incremento positivo com aumento da fibra, enquanto o teor de extrato etéreo e matéria seca da carcaça foi decrescente. Dos parâmetros fisiológicos sanguíneos, o colesterol aumentou com o aumento dos níveis de fibra. A glicemia, triglicérides e proteína total não foram alterados com o incremento da fibra. A morfometria do epitélio intestinal não diferiu entre os tratamentos. O nível de 9% de fibra bruta reduziu o teor de gordura corporal sem efeito negativo no desempenho dos peixes.

Palavras chaves: fibra bruta, composição de carcaça, pacu, nutrição de peixes.

Growth performance, body composition, physiological and morphological parameters of pacu *Piaractus mesopotamicus* juveniles fed increasing dietary crude fiber levels

ABSTRACT

This work aimed study the inclusion of different dietary fiber levels on pacu juveniles diets. The trial was developed on São Paulo State University Aquaculture Center in a 84 days period. It were used 360 pacu juveniles (23.97 ± 0.59 g) randomly distributed in 24 tanks with 180L of water, in a completely randomized design with six treatments (5, 7, 9, 11, 13 and 15% of dietary fiber) and four repetitions. Growth performance, body composition and physiological parameters were evaluated. In the end of experimental period were observed statistic differences on fish growth performance. Fish fed with high dietary fiber levels (11, 13, and 15%) showed smaller weight gain, feed conversion rate, feed intake, specific growth rate and protein efficiency rate than other dietary fiber levels (5, 7 and 9%). The body composition was modified by the dietary fiber level. The amount of ash and protein on fish carcass increased according to dietary fiber increase. The body content ether extract and dry matter decreased while dietary fiber levels increased. The physiological parameters studied like blood cholesterol presented high concentration as dietary fiber increased. Blood glucose, triglycerides and total protein weren't affected with dietary fiber increase. Nine percent of dietary fiber provided decrease in body fat without affected growth performance of fish.

Key words: crude fiber, dietary fiber, body composition, fish nutrition

INTRODUÇÃO

A influência da fibra na nutrição de peixes ainda é pouco estudada e seu efeito pode estar relacionado com suas características físicas e químicas. A fibra pode produzir efeitos fisiológicos variados, dependendo de sua natureza química e estrutura física, tais como tamanho da partícula, peso molecular e grau de esterificação (Bijlani, 1985). Os efeitos na digestão do alimento e absorção dos nutrientes são altamente influenciados pelas propriedades físicas e químicas da fibra (Wenk, 2001).

A fibra dietética é parte estrutural das plantas que é resistente a hidrólise pelas enzimas do intestino delgado (Thebaudin et al., 1997). É composta por celulose, hemicelulose e substâncias pécicas (Hilton et al., 1983) que variam bastante com a espécie e idade da planta (Andrighetto, 1981).

Diferentes resultados são descritos em estudos sobre utilização de fibra bruta na dieta de peixes. Tilápias alimentadas com dietas contendo 6, 10 e 14% de carboximetilcelulose (CMC) apresentaram pior conversão alimentar em relação aos peixes alimentados com a dieta contendo 2% de CMC (Shiau et al., 1988). Entretanto, os alimentados com 2% de CMC apresentaram o teor de extrato etéreo corporal aumentado. Em trabalho com matrinxã Pereira-Filho et al. (1994) observaram que o aumento no nível de fibra bruta na dieta não provocou alteração no ganho em peso, porém os teores de proteína corporal foram elevados e o teor de gordura foi reduzido.

Os resultados de pesquisas sobre o efeito de diferentes níveis de fibra em dieta para peixes são contraditórios. O NRC (1993) recomenda que as rações para peixes tropicais devam conter de 3 a 5 % de fibra bruta. Segundo Wilson e Poe (1985), o nível de fibra deve ser mantido o mais baixo possível, pelo seu efeito negativo na qualidade da água. Outros estudos mostram que níveis mais altos de fibra são tolerados por várias espécies de peixe (Amirkolaie et al., 2005; Hansen e Storebakken, 2007).

Dioundick e Stom (1990) demonstraram em experimento com tilápia do Nilo que os melhores resultados para crescimento, conversão alimentar e taxa de eficiência protéica foram apresentados por animais alimentados com dietas contendo os níveis de 2,5 e 5% de celulose em comparação a níveis mais elevados (7,5 e 10%)

Pereira-Filho et al. (1994) observaram que a presença de 2, 10 e 20% de fibra bruta na dieta não afetou o ganho de peso de matrinxã *Brycon cephalus*, e melhorou a qualidade da carcaça, elevando os teores de proteína e cinzas corporais e reduzindo a gordura. Garcia (1998), testando a utilização de níveis de 5 a 9% de fibra bruta na nutrição da piracanjuba *Brycon orbignyianus*, demonstrou que a melhor resposta de ganho de peso foi obtida com a dieta contendo 9% de fibra bruta.

O pacu *Piaractus mesopotamicus* é uma espécie amplamente cultivada no Brasil, possui ampla distribuição geográfica e pode ser encontrado desde a

Bacia dos Rios Paraná-Paraguai até a Bacia do Rio Prata. É uma espécie que busca a fonte de alimento de acordo com a sazonalidade.

Em estudo sobre o regime alimentar do pacu, foram encontrados no estômago folhas, resíduos vegetais e raramente restos e esqueletos de peixes e moluscos, constatando que trata-se de uma espécie herbívora (Silva, 1985), indicando a tolerância de níveis mais elevados de fibra em sua dieta.

Para melhorar e maximizar a utilização dos alimentos pelo pacu é necessário conhecer os efeitos de diferentes níveis de fibra no aproveitamento dos alimentos. Estudos sobre o desempenho produtivo de peixes utilizando diferentes níveis de fibra bruta e os efeitos fisiológicos de sua inclusão podem resultar em uma maior precisão no balanceamento da dieta, atendendo realmente as exigências desta espécie nativa.

De acordo com o exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar por meio do desempenho produtivo, composição de carcaça, parâmetros fisiológicos e morfológicos, os efeitos da inclusão de diferentes níveis de fibra bruta na dieta de juvenis de pacu.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Universidade Estadual Paulista, no Laboratório de Peixes Ornamentais do Centro de Aquicultura da UNESP, Jaboticabal, com duração de 84 dias. Foram utilizados 360 juvenis de pacu com

peso médio de $23,97 \pm 0,59$ gramas, aleatoriamente distribuídos em 30 tanques de 180 litros úteis de água na densidade de 12 peixes por aquário.

Foi realizado o monitoramento da qualidade da água durante todo o período experimental. A temperatura foi mantida a 28°C com utilização de aquecedor com termostato. O oxigênio dissolvido, pH e condutividade foram monitorados semanalmente com equipamentos eletrônicos específicos para cada parâmetro. A determinação da concentração de amônia total foi feita por espectrofotometria, de acordo com o método de Solorzano (1969); e a alcalinidade, por titulação segundo método recomendado por Boyd (1990)

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) com seis tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram representados por níveis de inclusão de fibra bruta (5, 7, 9, 11, 13, e 15%) nas dietas.

As dietas experimentais foram formuladas com base nas exigências já estabelecidas para o pacu (Fernandes et al., 2001) de modo a conter os níveis de fibra a serem avaliadas (Tabela 1). O teor de energia digestível foi calculado segundo Abimorad e Carneiro (2004) e Fabregat et al. (2007).

As dietas foram submetidas ao processo de extrusão em equipamento industrial. Após a extrusão as rações foram resfriadas e secas em estufa de ventilação forçada, embalada e armazenada em refrigerador até o momento de serem utilizadas. A principal fonte de fibra utilizada foi a celulose micro fina da marca RHOSTER com 98% de pureza e 78% de fibra bruta.

Tabela 1: Formulação e composição centesimal calculada das dietas experimentais.

Ingredientes (%)	Níveis de inclusão de fibra (%)					
	5	7	9	11	13	15
Farelo de soja	37,7	36,0	29,1	23,2	17,6	14,6
Soja integral tostada	5,0	7,0	12,5	17,2	20,0	22,5
Farinha de peixe	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Milho	12,0	11,0	12,4	9,5	4,0	1,7
Amido de milho	25,0	22,5	15,0	10,0	4,0	0,5
Farelo de trigo	2,0	3,0	9,7	17,9	31,4	35,8
Óleo de soja	3,6	3,3	2,0	1,0	0,4	-
Suplemento ¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Calcário	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Celulose	1,7	4,2	6,3	8,2	9,6	11,9
Total	100	100	100	100	100	100
Composição calculada						
PB%	25,98	26,01	26,0	25,99	25,98	25,98
EB (kcal.kg ⁻¹)	4032	3952	3902	3857	3833	3768
ED (kcal.kg ⁻¹)	3164	3138	3171	3190	3208	3197
EE%	6,60	6,67	6,62	6,60	6,62	6,72
FB%	5,10	7,15	9,30	11,38	13,41	15,53
MM%	5,50	5,54	5,75	6,00	6,41	6,55
Ca%	1,59	1,59	1,59	1,60	1,60	1,61
P. total%	0,67	0,68	0,74	0,80	0,89	0,92
P.util%	0,45	0,45	0,46	0,47	0,50	0,51

¹ Suplemento vitamínico mineral Rovimix®: Vitaminas A: 500000UI; D3: 200000UI; E: 5000UI; K3: 1000mg; B1: 1500mg; B2: 1500mg; B6: 1500mg; B12: 4000mg; C: 15000mg; ácido fólico: 500mg; ác. pantatênico: 4000mg; BHT: 12,25g; biotina: 50mg; inositol: 1000mg; nicotinamida: 7000mg; colina: 40g; cobalto: 10mg; cobre: 500mg; ferro:5000mg; iodo: 50mg; manganês: 1500mg; selênio: 10mg; zinco: 5000mg; veiculo qsq: 1000g.

Os peixes passaram por um período de cinco dias de adaptação as dietas experimentais. Durante o experimento os peixes foram alimentados duas vezes ao dia, em quantidade que favoreciam o máximo consumo sem que houvesse sobras de ração.

Inicialmente e a cada 28 dias foram realizadas biometrias totais para acompanhamento do crescimento dos animais. No final do experimento foram feitas as medidas de peso e comprimento de todos os peixes e coleta de material para as análises posteriores.

Para analisar o desempenho dos peixes foram avaliados os seguintes parâmetros:

- a. Ganho de peso
- b. Taxa de Crescimento Específico (TCE)

$$TCE = (\text{Ln}(\text{PF}) - \text{Ln}(\text{PI})) / n \times 100$$

Em que:

$\text{Ln}(\text{PF})$ = logaritmo natural da média de peso final;

$\text{Ln}(\text{PI})$ = logaritmo natural da média de peso inicial;

n = numero de dias de cultivo.

- c. Consumo de ração
- d. Conversão Alimentar (CA)

$$CA = \text{consumo dieta} / \text{ganho de peso}$$

- e. taxa de eficiência protéica (TEP)

$$TEP = \text{ganho de peso} / \text{consumo da dieta} \times \%PB \text{ da dieta}$$

Foi feita amostragem de dois peixes por parcela para coleta de sangue, fígado, porção da musculatura dorsal e porção anterior do intestino delgado (duodeno). Os peixes foram anestesiados em benzocaina (1g para 10 litros de água) e a coleta de sangue foi realizada através de punção da veia caudal para análise de parâmetros fisiológicos sanguíneos. As análises de sangue foram feitas no Laboratório de Fisiologia Animal do Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal da FCAV-UNESP, Jaboticabal, por meio de kits Alfakits. Foram analisadas glicemia, colesterol, triglicerídeos e proteína total.

O fígado foi pesado para cálculo de índice hepatossomático (IHS) e usado na determinação do lipídeo total. Parte da musculatura dorsal também foi coletada para determinação de lipídeo total. O índice hepatossomático foi determinado dividindo o peso do órgão pelo peso do animal e transformado em percentual. A determinação de gordura no fígado e músculo foi realizada segundo método de Bligh e Dyer (1959).

O duodeno foi coletado para realização de morfometria de vilosidades intestinais. O material foi fixado em Bouin e após 24 horas lavados e conservados em álcool 70°GL até o processamento. O material foi desidratado em seqüência de alcoóis, diafanizados em benzol e incluídos em blocos de parafina. Foram feitas duas lâminas de cada amostra e os cortes foram corados de acordo com a técnica de coloração de hematoxilina-eosina (Behmer et al., 2003).

As lâminas foram fotografadas utilizando câmera digital acoplada a microscópio (aumento de 10 vezes) e de cada amostra foram tiradas 15 medidas da altura do epitélio de revestimento, altura da vilosidade e profundidade de cripta. As medidas foram feitas por meio de um sistema de analisador de imagens Pró-plus da Cibernética do Brasil.

Outra amostra de dois peixes por parcela foi separada para análise de composição centesimal da carcaça, realizada no Laboratório do Setor de Avicultura da FCAV-UNESP, Jaboticabal. Os peixes foram moídos e secos em estufa 65°C por 72 horas. Após a secagem, os peixes foram novamente moídos em moinho de bola para as futuras análises.

O extrato etéreo foi determinado em aparelho extrator de gordura Soxhlet; a determinação da proteína foi realizada pelo método de Kjeldal; a matéria seca em estufa à 120°C por quatro horas e matéria mineral em mufla à 600°C por quatro horas.

Os dados foram analisados por meio do programa estatístico SAS para Windows versão 9.1, sendo os resultados submetidos a análise de variância (ANOVA) pelo teste de F. Quando foram observadas diferenças estatísticas entre os tratamentos as médias foram comparadas pelo teste de Duncan.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os parâmetros de qualidade de água dos aquários experimentais mantiveram-se dentro dos padrões estabelecidos por Boyd (1990). A temperatura média foi de 28°C, oxigênio dissolvido 7,25 mg/L e o pH 7,4. A sobrevivência foi total demonstrando que as condições ambientais estavam adequadas às necessidades de manutenção dos peixes.

Os valores dos parâmetros de desempenho produtivo e eficiência alimentar dos peixes ao final do período experimental estão apresentados na Tabela 2.

Os animais alimentados com dietas contendo 5, 7 e 9% de fibra bruta apresentaram maior ganho de peso, taxa de crescimento específico (TCE) e consumo de ração em relação àqueles que receberam níveis de fibra mais elevados ($P < 0,05$). O decréscimo no ganho de peso e da TCE acima de 11% de fibra pode estar relacionado com a redução do consumo de ração (Tabela 2).

O aumento da quantidade de fibra está diretamente relacionado com a redução na quantidade de alimento consumida (Slavin, 2005). A ingestão de fibra proporciona aumento no volume do bolo alimentar (Montagne et al., 2003) por meio da alta capacidade de retenção de água (Thebaudin et al., 1997) aumentando a sensação de saciedade dos animais (Hansen e Storebakken, 2007).

Tabela 2: Médias e desvio padrão de ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico (TCE), consumo de ração, conversão alimentar (CA), taxa de eficiência protéica (TEP) e coeficiente de variação (CV) de juvenis de pacu alimentados com níveis crescentes de fibra bruta na dieta.

% fibra	Gp(g)	TCE	Consumo(g)	CA	TEP
5	52,32±9,88a	1,36±0,52a	62,46±9,73a	1,20±7,90a	3,20±0,22a
7	52,05±5,90a	1,38±0,34a	62,85±6,18a	1,21±2,59ab	3,18±0,32a
9	50,96±2,24a	1,37±0,14a	63,74±2,73a	1,25±1,99ab	3,07±0,10ab
11	43,36±4,05b	1,22±0,21b	54,33±4,25b	1,25±4,81ab	3,06±0,08ab
13	39,23±5,95bc	1,14±0,24bc	52,30±6,18b	1,35±2,97bc	2,87±0,32bc
15	34,90±1,51c	1,06±0,16c	49,99±1,23b	1,43± 2,55c	2,68 ±0,07c
CV	12,63	8,13	7,48	7,45	7,06

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Estes resultados corroboram o NRC (1983), que afirma que a utilização de altos níveis de fibra bruta reduz o crescimento dos peixes. Os resultados do presente estudo mostram que níveis de até 9% de inclusão de fibra bruta são aceitáveis em dietas para juvenis de pacu, sem causar redução do seu crescimento (Tabela 2).

Anderson et al. (1984) mostraram progressiva redução do ganho de peso com o aumento do nível de inclusão de fibra acima de 10% em dietas de tilápias devido a redução da quantidade de energia disponível. Ufodike e Matty (1983) demonstraram melhora no crescimento de carpas quando os níveis de fibra na ração estavam abaixo de 5%.

A elevação do nível de fibra até 15% na dieta, com a utilização de celulose, não provocou decréscimo no crescimento de trutas (Hansen e Storebakken, 2007). Para outros animais, como os suínos em crescimento, há redução linear do ganho de peso com o aumento do nível de fibra na dieta (Baird et al., 1970; Frank et al., 1983).

As menores médias de ganho de peso e taxa de crescimento específico, apresentado pelos peixes a partir de 11% de fibra bruta na dieta (Tabela 2), podem ter ocorrido em função da redução na eficiência de absorção de nutrientes no intestino causada pelos altos níveis deste componente da dieta (Slavin, 2005) ou pela redução no consumo de ração nos maiores níveis de inclusão.

Os animais alimentados com dietas contendo 13 e 15% de fibra bruta apresentaram piores médias de conversão alimentar e menores taxas de eficiência protéica em comparação com os demais níveis (Tabela 2), que não diferiram entre si ($P < 0,05$).

A conversão alimentar e a taxa de eficiência protéica obtidas com 11% de fibra bruta não diferiram estatisticamente daquelas dos menores níveis de inclusão ($P < 0,05$), porém os peixes apresentaram redução no consumo de ração e ganho de peso ($P < 0,05$), fato que deixa os resultados obtidos para estes parâmetros neste nível de inclusão de fibra parecerem satisfatórios.

Anderson et al. (1984) observaram que com o aumento do nível de inclusão de celulose de 10 a 40% na dieta de tilápias, não houve alteração da

taxa de eficiência protéica; entretanto, ocorreu progressiva piora na conversão alimentar, da mesma forma que foi observado em tilápias alimentadas com níveis de 2, 6, 10 e 14% de carboximetilcelulose (Shiau et al., 1988).

Dioundick e Stom (1990) relataram que tilápias alimentadas com dietas com 2,5 e 5% de fibra bruta apresentaram melhores médias de conversão que com 7,5 e 10%. Por outro lado, alguns autores observaram que a inclusão de fibra bruta nos níveis de 8,5 (Meurer et al., 2003) e 12% (Lanna et al., 2004) nas dietas de tilápias não comprometeu a conversão alimentar dos peixes.

Hansen e Storenbakken (2007) observaram que a inclusão de até 15% de fibra bruta nas rações não comprometeu o desempenho produtivo de trutas arco-íris.

A piora na conversão alimentar e taxa de eficiência protéica com a inclusão de fibra bruta pode ser atribuída à redução da digestibilidade das dietas. Hilton et al. (1983) e Tan et al. (2006) demonstraram a redução na digestibilidade das dietas para truta arco íris e para bagre chinês (*Leiocassis longirostris*), respectivamente, quando submetidos a rações com altos níveis de fibra. No presente estudo observou-se que níveis de até 9 % de fibra bruta na dieta podem ser utilizados sem causar efeito negativo para crescimento dos pacus.

Os dados de composição centesimal da carcaça dos juvenis de pacu submetidos a diferentes níveis de inclusão de fibra bruta na dieta estão apresentados na Tabela 3. A elevação do nível de fibra bruta da dieta afetou a

concentração de proteína corporal. Os peixes alimentados com 5% de fibra bruta apresentaram os menores teores de proteína bruta na carcaça.

Tabela 3: Médias e desvio padrão da composição centesimal da carcaça de juvenis de pacu alimentados com níveis crescentes de fibra bruta na dieta.

% fibra bruta	PB ¹ (%)	MM ² (%)	EE ³ (%)	MS ⁴ (%)
5	46,15±2,13b ⁵	10,78±2,56b	32,65±2,23a	35,50±1,33 a
7	48,83±1,20ab	10,81±1,39b	31,91±3,83a	34,58±0,64a
9	52,10±5,76a	11,60±0,71ab	31,30±3,53a	34,30±1,98a
11	51,54±0,97a	12,75±2,16ab	29,59±1,77ab	31,62±1,69b
13	51,72±2,88a	13,48±0,38 ^a	26,21±2,29bc	32,23±0,87b
15	52,63±3,05a	13,25±1,02 ^a	24,71±1,19c	31,34±0,44b
CV(%)	6,14	12,98	8,98	1,12

¹ Proteína Bruta; ² Matéria Mineral; ³ Extrato Etéreo; ⁴ Matéria Seca; ⁵ médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Duncan(P<0,05).

A elevação do nível de fibra na dieta ocasionou aumento no teor de minerais na carcaça. Comportamento contrário foi observado na deposição de gordura corporal e matéria seca da carcaça, que apresentaram reduções com o aumento dos níveis de fibra bruta da dieta (Tabela 3).

Diferentemente, o aumento dos níveis de fibra bruta da dieta não provocou alteração na composição da carcaça de alevinos tilápias do Nilo (Lanna et al., 2004), do mesmo modo que a composição corporal de matrinxãs não foi influenciada pelo aumento da fibra da dieta (Pereira Filho et al.,1994).

Shiau et al. (1988) observaram que tilápias alimentadas com diferentes teores de carboximetilcelulose (CMC) (2, 6, 10 e 14%) não apresentaram

diferenças na composição de protéica da carcaça, porém a elevação dos teores de CMC provocou decréscimo nos valores de extrato etéreo.

Kritchevsky (1988), em revisão de literatura sobre o uso de fibras, relatou que fibras insolúveis reduzem a atividade de enzimas digestivas como amilase, lipase, tripsina e quimiotripsina, enquanto fibras solúveis não têm efeito sobre a tripsina, mas melhoram a atividade das outras três enzimas.

Pode-se inferir que o aumento do teor de fibra bruta da dieta promoveu alteração no metabolismo de gorduras. Nos menores níveis de fibra bruta, os peixes apresentaram elevação da deposição de gordura corporal. Segundo Slavin (2005) a redução no aporte de energia causado pela inclusão de fibras aumenta a oxidação e reduz a reserva de gorduras. Por outro lado, quando se elevou o nível de fibra na dieta houve melhora na síntese protéica corporal em detrimento à gordura da carcaça.

A diminuição do teor de gordura corporal pode ser atribuída à capacidade da fibra de diminuir a eficiência de absorção de gorduras no intestino delgado (Slavin, 2005). Esse fato pode ser atribuído a característica apresentada pela fibra de sequestrar micelas de gordura e eliminá-las nas fezes (Madar e Thorne, 1987), o que reduziria a energia disponível do alimento. No presente estudo houve diferença de 25% na concentração de gordura corporal entre o maior e o menor nível de fibra avaliado.

A metabolização de gordura corporal, nos maiores níveis de fibra bruta, pode ter ocorrido para compensar a redução da disponibilidade de energia, provocada pela redução da digestibilidade da dieta (Capítulo II).

As médias dos parâmetros fisiológicos sanguíneos estão apresentadas na Tabela 4. As concentrações de glicemia, triglicerídeos e proteína total não foram alteradas com o aumento dos níveis de fibra bruta da dieta ($P < 0,05$).

Tabela 4: Médias de glicemia, colesterol, triglicerídeos e proteína total de juvenis de pacu alimentados com níveis crescentes de fibra bruta.

% fibra bruta	Glicemia (mg/dL)	Colesterol (mg/dL)	Triglicerídeos (mg/dL)	Proteína Total (g/dL)
5	69,74±5,41	139,69±23,85a ¹	315,88±114,53	3,42±0,21
7	70,50±6,58	156,42±9,99ab	348,29±52,93	3,60±0,17
9	65,33±6,31	153,09±18,80ab	337,61±35,47	3,33±0,37
11	66,58±6,73	155,37±19,28ab	382,48±56,77	3,48±0,19
13	64,65±10,03	176,46±7,77b	362,15±56,69	3,54±0,06
15	59,48±10,23	169,14±10,99b	334,24± 77,29	3,52±0,20
CV	11,77	10,23	20,25	6,28

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$)

As mais altas concentrações de colesterol foram determinadas para os animais alimentados com níveis de 13 e 15 % de fibra bruta nas dietas. Thebaudin et al. (1997) propuseram que a absorção de sais biliares pela fibra resulta em alterações no metabolismo de gorduras, pela redução na eficiência do metabolismo.

A redução no crescimento pode explicar a maior concentração de colesterol nos maiores níveis de fibra. O colesterol é formador de hormônios esteróis, responsáveis pelo crescimento do animal (Baldisserotto, 2002). Com a redução do crescimento houve redução da formação de esteróis e, conseqüentemente, aumento da concentração de colesterol sanguíneo.

Fibras solúveis, como pectina ou goma guar, têm efeito na redução de lipídeos, porem fibras insolúveis, como farelo de trigo ou celulose, não têm esse efeito (Schneeman, 1986; Kritchevsky, 1988; Thebaudin et al., 1997). A utilização de fibra insolúvel pode ser responsável pelo comportamento apresentado no metabolismo de gorduras.

Hilton et al. (1983) não verificaram alterações na glicemia quando trutas foram submetidas a dietas com níveis crescentes de fibra. Em suínos, Frank et al. (1983) afirmaram que a glicemia plasmática teve redução linear com o aumento dos níveis de fibra da dieta.

No presente estudo, o fato de a glicemia permanecer estável com o aumento da quantidade de fibra pode estar relacionado com o tipo de fibra utilizado, a principal fonte de fibra utilizada foi insolúvel. As fibras insolúveis têm pequeno efeito no metabolismo de açúcares (Thebaudin et al., 1997), enquanto fibras solúveis têm a capacidade de reduzir a glicemia e pode modificar a resposta da glicose plasmática após seu consumo (Kritchevsky, 1988).

As médias dos resultados de índice hepatossomático, concentração de gordura no fígado e músculo branco de juvenis de pacu alimentados com dietas contendo níveis crescentes de fibra estão apresentados na tabela 5.

Tabela 5: Média e desvio padrão do índice hepatossomático (IHS) e percentual de lipídeos no fígado e no músculo

% de fibra bruta	IHS	Lip. Fígado (%)	Lip. Músculo (%)
5	2,13±0,64ab	5,09±1,97	1,25±0,14ab
7	2,37±0,41a	5,87±1,48	1,65±0,52a
9	2,10±0,40ab	4,46±1,09	1,78±0,64a
11	1,74±0,25bc	4,12±0,77	1,31±0,30ab
13	1,91±0,18ab	4,15±1,54	1,08±0,80ab
15	1,35±0,28c	4,07±0,92	0,93±0,44b
CV	20,2	30	40,5

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

O índice hepatossomático (IHS) apresentou diferença estatística para os diferentes níveis de inclusão de fibra ($P < 0,05$), mas o comportamento da variação do índice foi aleatório, não seguiu padrão conforme a variação da fibra, podendo haver outros fatores, que não os tratamentos, influenciando os resultados.

Nenhuma alteração no índice hepatossomático foi observada em estudos com fibra bruta em piracanjuba (Garcia, 1998) e alevinos de tilapia (Lanna et al., 2004).

Não foi verificada alteração no percentual de lipídeos no fígado dos peixes conforme se aumentou a concentração de fibra na dieta ($P < 0,05$). O percentual de gordura muscular foi maior nos animais alimentados com níveis de 7 e 9% de fibra bruta diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) do nível de 15%, os níveis intermediários não diferiram entre si, acompanhando o comportamento do extrato etéreo corporal (Tabela 3).

Mesmo que as diferenças apresentadas no IHS e no teor de lipídeo hepático não tenham demonstrado ação dos diferentes níveis de inclusão de fibra nas dietas, pode-se supor que as diferenças no desempenho dos animais estejam relacionadas com os efeitos da fibra no metabolismo das dietas e absorção de nutrientes.

Os valores médios das medidas das vilosidades intestinais de alevinos de pacu alimentados com níveis crescentes de fibra bruta na dieta estão apresentados na tabela 6.

As médias morfométricas de profundidade de cripta, espessura do epitélio e comprimento da vilosidade intestinal não apresentaram diferenças estatísticas ($P < 0,05$) para os diferentes níveis de fibra (Tabela 7). Embora a morfologia do epitélio intestinal possa ser alterada pela composição da dieta (Kritchevsky, 1988), esse comportamento não foi verificado quando juvenis de pacu foram alimentados com níveis crescentes de fibra.

Tabela 6: Médias e desvio padrão das medidas das vilosidades da parede do duodeno de pacus alimentados com níveis crescentes de fibra bruta na dieta.

% de fibra bruta	Profundidade da cripta (μm)	Espessura do epitélio (μm)	Comprimento da vilosidade (μm)
5	36,92 \pm 3,16	45,53 \pm 2,58	563,85 \pm 67,04
7	36,75 \pm 3,69	47,19 \pm 3,54	650,58 \pm 32,88
9	34,24 \pm 4,40	46,08 \pm 5,32	631,40 \pm 69,16
11	36,80 \pm 2,34	45,59 \pm 3,52	643,05 \pm 119,21
13	34,10 \pm 1,73	43,36 \pm 2,30	651,78 \pm 107,54
15	36,95 \pm 2,53	45,51 \pm 1,09	597,58 \pm 33,03
CV	8,29	6,27	11,47

O efeito da fibra bruta no tubo digestório é bastante variado podendo estar associados com modificações na morfologia do epitélio intestinal e nas suas funções absorptivas (Montagne et al., 2003). No presente trabalho os efeitos da fibra foram percebidos somente pela redução das funções metabólicas, evidenciadas pelo decréscimo no desempenho produtivo nos maiores níveis de inclusão de fibra.

O fato da morfometria da parede do tubo digestório não ter sido alterada com o aumento dos teores de fibra nas dietas demonstra que os altos níveis de fibra não tiveram efeito deletério na estrutura do epitélio intestinal, e que as respostas no desempenho e digestibilidade (Capítulo II) foram causadas por alterações no metabolismo.

O emprego de níveis crescentes de fibra na dieta de juvenis de pacu alterou seu metabolismo, com pequena elevação do colesterol plasmático, redução do teor de extrato etéreo da carcaça, maior síntese de proteína corporal e redução no aproveitamento das dietas, com sensível redução no desempenho nos níveis mais elevados.

CONCLUSÃO

A utilização de 5 até 9% de fibra bruta em dietas para juvenis de pacu não afeta a performance produtiva, composição corporal e os parâmetros metabólicos.

REFERÊNCIAS

ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração protéica e da energia de alimentos para o pacu *Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33, 5, 1101-1109, 2004.

AMIRKOLAIE, A.K.; LEENHOUWWER, J.I.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Type of dietary fiber (soluble vs insoluble) influences digestion, faeces characteristics and faecal waste production in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture Research**, 36, 1157-1166, 2005.

ANDERSON, J.; JACKSON, A.J.; MATTY, A.J.; CAPPER, B.S. Effects of dietary carbohydrate and fibre on the tilápia *Oreochromis niloticus* (Linn). **Aquaculture**, 37, 303-314, 1984.

ANDRIGUETO J.M. **As bases e os fundamentos da nutrição animal. Os alimentos**. Editora Nobel, São Paulo, 1981. 395p.

BAIRD D.M., MCCAMPBELL, ALLISON J.R. Levels of crude fiber with constant energy levels for growing-finishing swine use computerized rations. **Journal of Animal Science**, 31, 518-525, 1970.

BALDISSEROTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada a piscicultura**. Editora UFSM, Santa Maria, 2002. 211p.

BEHMER, O. H.; TOLOSA, E. M. C.; FREITAS NETO, A. G. **Manual de técnicas para histologia normal e patológica**. Barueri-SP: Manole, 2003, 256 p.

BIJLANI, R.L. Dietary fibre: consensus and controversy. **Progress in Food and Nutrition Science**, 9, 343-393, 1985.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, 37, 8, 911-917, 1959.

BOYD, E. **Water quality in ponds for aquaculture**. Auburn University, Auburn. 482p., 1990.

DIOUNDICK, O.B.; STOM, D.I. Effects of dietary-cellulose levels on the juvenile tilápia *Oreochromis mossambicus* (Peters). **Aquaculture**, 91, 311-315, 1990.

FABREGAT, T.E.H.P.; FERNANDES, J.B.K.; RODRIGUES, L.A.; BORGES, F.F.; PEREIRA, T.S.; NASCIMENTO, T.M.T. Determinação da digestibilidade aparente da energia e proteína de alimentos selecionados para juvenis de Pacu *Piaractus mesopotamicus*. In: Congresso Brasileiro de Produção de Peixes Nativos de Água Doce. Dourados. **Anais...** 2007.

FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 30, 3, 617-626, 2001.

FRANK, G.R.; AHERNE, F.X.; JENSEN, A.H. A study of the relationship between performance and dietary component digestibilities by swine fed different levels of dietary fiber. **Journal of Animal Science**, 57, 645-654, 1983.

GARCIA, J.R.E. **Utilização da fibra bruta na nutrição da piracanjuba *Brycon orbignyanus***. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 1998. 60p. Tese (Doutorado em Aquicultura), Centro de Aquicultura da UNESP, CAUNESP-UNESP, 1998.

HANSEN, J.O.; STORENBAKKEN, T. effects of dietary cellulose level on pellet quality and nutrient digestibilities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, 272, 458-465, 2007.

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 and Aquatic Science**, 40, 81-85, 1983.

KRITCHEVSK, D. Dietary fiber. **Annual Reviews of Nutrition**, 8, 303-328, 1988.

LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M.; VICENTINI, C.A.; CECON, P.R.; BARROS, M.M. Fibra bruta e oleo em dietas práticas para alevinos de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 33, 6, 2177-2185, 2004.

MADAR, Z.; THORNE, R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition Science**, 11, 153-174, 1987.

MEURER F., HAYASHI C., BOSCOLO W.R. Fibra bruta para alevinos de tilápias do nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, 32, 2, 256-261, 2003.

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**, 108, 95-117, 2003.

NRC (National Research Council), **Nutrient requirements of fish**, National Academy Press, Washington, DC, USA. 114p. 1993.

PEREIRA-FILHO, M.; CASTAGNOLLI, N.; KRONKA, S.N. Efeito de diferentes níveis de proteína e de fibra bruta na alimentação de juvenis de matrinxã *Brycon cephalus*. **Acta Amazonica**, 24, 3-4, 1-8, 1994.

PEZZATO, L.E. Alimentos mais utilizados para peixes. In: Castagnolli, N. (Ed.) **Piscicultura**. Jaboticabal, 87-99, 1990.

SCHEEMAN B.O. Dietary fiber: Physical and chemical properties, methods of analysis, and physiological effects. **Food Technology**, 40 , 2 ,104-110, 1986.

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

SILVA, A.J. Regime alimentar do pacu, *Colossoma mitrei* no Pantanal do Mato Grosso em relação a flutuação do nível da água. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOLOGIA, 12., 1985, Campinas. **Anais...** p.179.

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

SOLORZANO L. Determination of ammonia in natural waters by the phenythyochlorite method. **Limnology and Oceanography**, 14, 799-801, 1969.

TAN, Q.; XIE, S.; ZHU, X.; LEI, W.; YAN, Y. Effects of dietary carbohydrates sources on growth performance and utilization for gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) and Chinese longsnout catfish (*Leiocassis longirostris* Gunther). **Aquaculture Nutrition**, 12, 61-70, 2006.

THEBAUDIN, J.Y.; LEFEBVRE, A.C.; HARRINGTON M., BOURGEOIS, C.M. Dietary fibres: nutritional and technological interest. **Trends in Food Science**, 8, 1997.

UFODIKE, E.B.C.; MATTY, A.J. Growth responses and nutrient digestibility in mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed different levels of cassava an rice. **Aquaculture**, 31, 1, 1983

WENK, C. The role of fibre in digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, 90, 21-33, 2001.

WILSON, R.P; POE, W.E. Apparent digestible protein and energy coefficients of common feed ingredients for channel catfish. **The Progres. Fish. Cult.**, 47, 154-158, 1985.

CAPITULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O nível de inclusão de fibra estipulado neste trabalho está acima dos utilizados em rações comerciais e, para a indústria de rações, a possibilidade da utilização de maior quantidade de ingredientes fibrosos, subprodutos do processamento de grãos, pode representar redução no custo das rações.

Níveis de fibra elevados podem comprometer o processamento das rações dificultando a expansão do material durante o processo de extrusão ou exigindo maior quantidade de calor e umidade para que a expansão ocorra de forma eficiente.

A redução na deposição de gordura corporal, representada pelos menores níveis de extrato etéreo na carcaça nos maiores níveis de inclusão de fibra, demonstrou que a fibra pode ter efeito no metabolismo de gorduras. O desafio para próximas pesquisas é desvendar de que forma o metabolismo da gordura é alterado pelas fibras e qual seria a melhor fonte de fibra a atuar nesse metabolismo.

Estudos analisando a atividade de enzimas e da microbiologia intestinal, que estejam envolvidas nos processos metabólicos da fibra, podem levar a melhor compreensão do papel da fibra no desempenho e bem estar animal.

A inclusão de fibra bruta na dieta de juvenis de pacu pode ser de até 9% sem que o desempenho produtivo, digestibilidade dos nutrientes, composição de carcaça, tempo de trânsito gastrointestinal sejam comprometidos ou suprimidos.