

Fontes de fibra na alimentação do pacu: desempenho, composição corporal e morfometria intestinal

[*Pacu fed different fiber sources: performance, corporal composition and intestinal morphometry*]

T.E.H.P. Fabregat¹, L.A. Rodrigues², T.M. Torres do Nascimento³, E.C. Urbinati³,
N.K. Sakomura³, J.B.K. Fernandes³

¹UDESC - Centro de Ciências Agroveterinárias - Lages, SC
Universidade do Estado de Santa Catarina,
Avenida Luiz de Camões, 2090
88.520-000 - Lages, SC

²Embrapa Meio-Norte - Teresina, PI

³Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP - Jaboticabal, SP

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da utilização de diferentes ingredientes fibrosos nas dietas sobre o desempenho, a composição corporal e a morfometria intestinal de juvenis de pacu. Foram avaliadas cinco dietas isoproteicas (23% de proteína digestível), isoenergéticas (3250kcal de energia digestível/kg) e isofibrosas (9% de fibra bruta), sendo a principal fonte fibrosa de cada constituída por farelo de soja, casca de soja, farelo de girassol e polpa cítrica; esta última em dois níveis de inclusão (30 e 45%). Foram utilizados 300 juvenis de pacu (25,12±0,78 gramas), alojados em 25 aquários (200 litros). Os melhores resultados de crescimento e conversão alimentar foram obtidos com as dietas contendo farelo de soja e farelo de girassol. As dietas contendo casca de soja e polpa cítrica prejudicaram o desempenho dos juvenis de pacu, e o efeito negativo foi acentuado com o aumento da inclusão de polpa cítrica. Além disto, somente nos peixes alimentados com a dieta com 45% de polpa cítrica foi observada diminuição na densidade de vilosidades por área no epitélio intestinal. A partir dos resultados obtidos, pode-se concluir que alguns ingredientes fibrosos podem afetar negativamente o desempenho e as características do epitélio intestinal de juvenis de pacu.

Palavras-chave: alimentação de peixes, ingredientes alternativos, morfometria intestinal, nutrição animal

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effects of diets containing different fiber sources on the performance, corporal composition and intestinal morphometry of pacu juveniles (Piaractus mesopotamicus). This study evaluated five isoproteic (23% digestible protein), isoenergetic (3250kcal digestible energy/kg) and isofibrous (9% crude fiber) diets, each one containing a fiber source such as soybean meal, soybean hulls, sunflower meal and citric pulp in two levels of inclusion (30 and 45%). A total of 300 pacu juveniles (25,12±0,78g) were stocked in 25 experimental aquariums (200 liters) equipped with aeration and heating system. The best growth and feed conversion results were obtained with diets containing soybean meal and sunflower meal. Diets containing soybean hulls and citrus pulp worsened the juvenile pacu performance. Moreover, only the diet containing 45% citrus pulp decreased the villous number per area in the intestinal epithelium. From the results we can conclude that some fibrous ingredient may affect juvenile pacu performance, corporal composition and intestinal epithelium characteristics.

Keywords: alternative ingredients, animal nutrition, fish feeding, intestinal morphometry

INTRODUÇÃO

A importância dos carboidratos fibrosos na alimentação de monogástricos está bem estabelecida, derrubando a crença de que seriam componentes indesejáveis nas dietas. A fibra alimentar, uma fração composta por polissacarídeos que não são digeridos pelas enzimas digestivas destes animais, pode proporcionar benefícios aos processos digestivos e à saúde animal (Knudsen, 2001; Montagne *et al.*, 2003). O balanceamento correto das frações fibrosas modifica positivamente o funcionamento do sistema digestório e o desempenho.

A fibra alimentar produz efeitos fisiológicos e metabólicos variados, dependendo de sua natureza e estrutura física, tais como tamanho da partícula, peso molecular e grau de esterificação (Bijlani, 1985; Wenk, 2001). Na análise de fibra alimentar, é comum classificá-la de acordo com a solubilidade em água. De maneira geral, em dietas para monogástricos, a fração solúvel atua na regulação da digestão e absorção intestinal, e a fração insolúvel aumenta o bolo alimentar, diluindo os nutrientes e diminuindo o tempo de trânsito gastrointestinal (Schneeman, 1998; Knudsen, 2001; Montagne *et al.*, 2003; Cummings *et al.*, 2004).

A composição em carboidratos do ingrediente também pode modificar o processo fermentativo na parte posterior do trato gastrointestinal, alterando o pH. Esta ocorrência afeta diretamente a proliferação bacteriana e a integridade das células epiteliais do intestino, podendo, em combinação adequada, melhorar a saúde intestinal e, conseqüentemente, o aproveitamento dos nutrientes (Montagne *et al.*, 2003). As mudanças no funcionamento do sistema digestório provocadas pela ingestão de diferentes fontes de fibras alimentares podem modificar a fisiologia, o metabolismo e as características do epitélio intestinal, com conseqüências sobre o desempenho e composição corporal (Schneeman, 1998; Knudsen, 2001; Montagne *et al.*, 2003; Cumming *et al.*, 2004).

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*) é uma das espécies mais estudadas e produzidas nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil. A nutrição do pacu já foi bastante estudada (Fernandes *et al.*, 2000; Fernandes *et al.*, 2001; Abimorad e Carneiro, 2004; Dias-Koberstein *et*

al., 2005; Urbinati e Gonçalves, 2005; Abimorad e Carneiro, 2007; Abimorad *et al.*, 2007; Rodrigues *et al.*, 2010a; Rodrigues *et al.*, 2010b), mas ainda não se sabe como as diferentes frações fibrosas (solúvel e insolúvel) afetam o funcionamento do sistema digestório e o aproveitamento de nutrientes.

Portanto, o objetivo do presente estudo é mostrar que a utilização de diferentes fontes de fibras alimentares nas dietas pode afetar o desempenho, a composição corporal e a morfometria intestinal de juvenis de pacu.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Peixes Ornamentais do Centro de Aquicultura da UNESP (CAUNESP), em Jaboticabal-SP. Foram utilizados 300 juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), com peso médio de $25,12 \pm 0,78$ gramas, alojados em 25 aquários de polietileno (200 litros), equipados com sistema de aeração e aquecimento. Para cada grupo de cinco aquários, escolhidos de forma aleatória, foi fornecida uma ração contendo uma fonte de fibra. O ensaio de desempenho foi conduzido durante 84 dias. Os peixes foram alimentados duas vezes ao dia até a saciedade aparente, de modo a não haver sobras de ração. Todos os dias, a matéria orgânica que se acumulava no fundo dos aquários era sifonada, e 60% da água renovada. Antes da primeira alimentação, os peixes mortos eram retirados, e as perdas anotadas. A temperatura dos aquários foi aferida diariamente, com um termômetro de máxima e mínima.

Os parâmetros químicos da água (alcalinidade, amônia total, oxigênio dissolvido e pH) foram monitorados semanalmente durante todo o período experimental, e não foram encontradas diferenças ($P > 0,05$) entre os tratamentos. As médias obtidas foram as seguintes: temperatura $27,05 \pm 1,09^\circ\text{C}$; alcalinidade total $98,2 \pm 17,0\text{mg/L}$; amônia total $0,36 \pm 0,18\text{mg/L}$; oxigênio dissolvido $4,79 \pm 0,58\text{mg/L}$ e pH $6,53 \pm 0,36$. Os valores se mantiveram dentro das recomendações de qualidade de água indicadas para o pacu (Urbinati e Gonçalves, 2005).

Foram avaliadas cinco dietas isoproteicas (23% de proteína digestível), isoenergéticas (cerca de 3250kcal de energia digestível/kg) e isofibrosas (9% de fibra bruta), sendo a principal fonte fibrosa de cada dieta constituída por farelo de

Fontes de fibra na alimentação...

soja, casca de soja, farelo de girassol e polpa cítrica; esta última em dois níveis de inclusão (Tab. 1). Na formulação das rações, foram utilizados os coeficientes de digestibilidade de proteína e da energia previamente definidos para o pacu (Abimorad e Carneiro 2004; Fabregat *et al.*, 2008). As composições de aminoácidos das dietas estão apresentadas na Tab. 2 e suprem as exigências definidas para a espécie por Bicudo (2008).

Depois de misturadas, as rações foram finamente trituradas em moinho de faca com peneira de 2mm de diâmetro de malha. As dietas foram peletizadas (5mm) e armazenadas em *freezer* até o momento da utilização. As análises bromatológicas das rações foram realizadas de acordo com Horwitz (1997). As análises de fibra alimentar total (Horwitz, 1997), fibras alimentares solúvel e insolúvel (Prosky *et al.*, 1984) e amido (Diemair, 1963) foram realizadas no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) em Campinas-SP.

Tabela 1. Ingredientes e composição das dietas contendo diferentes fontes de fibra

Ingredientes (%)	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	P. cítrica 30%	P. cítrica 45%
Polpa cítrica	-	-	-	30,0	45,0
Casca de soja	-	26,4	-	-	-
Farelo de girassol	-	-	37,0	-	-
Farelo de soja	29,7	-	-	-	-
Celulose purificada	8,40	-	-	6,1	3,7
Farinha de peixe	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Glúten milho	5,00	23,0	8,80	25,6	24,5
Amido milho	29,6	23,9	26,7	12,6	1,8
Óleo de soja	4,8	4,2	5,0	4,2	4,0
Calcário calcítico	1,5	1,5	1,5	0,5	-
Suplemento vit. e mineral ¹	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Composição calculada/analísada					
Proteína bruta (%) ²	29,91	30,68	28,93	30,49	30,56
Proteína digest. (%) ³	23,03	23,06	23,05	23,03	23,03
Energia bruta (kcal/kg) ²	4250	4329	4452	4389	4363
Energia digest. (kcal/kg) ³	3267	3271	3202	3288	3207
Extrato etéreo (%) ²	6,64	6,66	6,74	6,58	6,65
Fibra bruta (%) ²	9,05	9,08	9,10	9,02	9,02
Fibra alimentar total (%) ²	16,66	22,56	18,97	19,93	26,52
Fibra alim. solúvel (%) ²	1,86	2,59	2,10	6,01	9,48
Fibra alim. insolúvel (%) ²	14,80	19,97	16,87	13,92	17,04
Amido (%) ²	14,8	26,4	27,7	18,4	11,1
ENN (%) ³	36,12	34,81	36,28	35,88	34,93
Matéria mineral (%) ³	7,28	6,93	7,33	7,65	8,56
Calcio (%) ³	2,01	2,06	2,00	2,00	2,03
Fósforo total (%) ³	0,92	0,84	1,08	0,87	0,90
Fósforo útil (%) ³	0,77	0,75	0,77	0,76	0,76

¹Suplemento vitamínico e mineral (composição por kilo do produto): vit. A - 5000.000UI; vit. D₃ - 200.000UI; vit. E - 5.000UI; vit. K₃ - 1.000mg; vit C - 15.000mg; vit B₁₂ - 4.000mg; vit. B₁ - 1.500mg; vit. B₂ - 1.500mg; vit. B₆ - 1.500mg; Biotina (*Biotin*) - 50mg; Ácido fólico - 500mg; Ácido pantotênico - 4000mg; B.H.T. - 12,25g; Colina - 40g; Fe - 5.000mg; Cu - 500mg; Mn - 1.500mg; Co - 10mg; I - 50mg; Se - 10mg e Zn - 5.000mg.

²Composição bromatológica analisada (Horwitz, 1997); ³composição bromatológica calculada (Rostagno *et al.*, 2005).

Tabela 2. Composição calculada de aminoácidos das dietas contendo diferentes fontes de fibra

	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	P. cítrica 30%	P. cítrica 45%
Arginina (%)	1,62	1,20	1,56	1,09	1,10
Histidina (%)	0,73	0,71	0,64	0,70	0,71
Isoleucina (%)	1,65	1,46	1,32	1,44	1,44
Leucina (%)	2,65	3,68	2,53	3,80	3,73
Lisina (%)	2,03	1,56	1,56	1,41	1,42
Metionina (%)	0,58	0,72	0,67	0,74	0,73
Cistina (%)	0,39	0,46	0,44	0,46	0,46
Fenilalanina (%)	1,34	1,60	1,44	1,63	1,62
Tirosina (%)	0,81	1,26	0,67	1,28	1,26
Treonina (%)	1,24	1,16	1,12	1,14	1,14
Triptofano (%)	0,36	0,21	0,29	0,19	0,20
Valina (%)	1,54	1,04	1,40	0,96	0,99

As biometrias foram realizadas no início e no final do experimento. Os seguintes parâmetros zootécnicos foram avaliados: peso final, taxa de crescimento específico (TCE= $(\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial}))/\text{número de dias} \times 100$), comprimento total, consumo individual aparente de ração (CR= alimento consumido no período), conversão alimentar aparente (CA= consumo de ração/ganho de peso) e sobrevivência. Antes de cada biometria, os peixes ficaram em jejum durante 24 horas. No final do ensaio de desempenho, foram coletados dois peixes de cada repetição para as análises bromatológicas de composição corporal em matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo, segundo metodologia recomendada por Horwits (1997).

Para avaliação da morfologia intestinal, foi colhida a porção média do duodeno de dois peixes por repetição. As amostras foram fixadas em solução de Bouin e, após 24 horas, lavadas em álcool etílico a 70°GL. Em seguida, foram desidratadas em séries crescentes de álcoois, diafanizadas em benzol e incluídas em parafina. Foram confeccionadas duas lâminas de cada amostra, e os cortes corados de acordo com a técnica de coloração hematoxilina de Harris-eosina (Behmer *et al.*, 2003). As lâminas foram fotografadas, utilizando-se uma câmera digital acoplada a um microscópio (aumento 10 vezes), e de cada amostra foram tiradas 30 medidas da altura do epitélio de revestimento, altura das vilosidades, profundidade de cripta e densidade de vilosidades (número de vilosidades/1.712,14 μm^2). As medidas morfométricas do duodeno foram realizadas em um programa digital analisador de imagens.

No ensaio de desempenho, o delineamento experimental foi inteiramente ao acaso, com cinco tratamentos, cinco repetições e 12 peixes por repetição. Na avaliação da composição corporal e da morfometria intestinal, também foram cinco repetições, mas com dois peixes por repetição. As análises estatísticas dos resultados foram realizadas com o programa estatístico SAS 8.0. Foram conduzidos os testes de normalidade e homocedasticidade, e as diferenças avaliadas por meio da análise de variância dos resultados (ANOVA). O efeito principal entre os tratamentos foi comparado pelo teste de Tukey ou Duncan, de acordo com o coeficiente de variação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os melhores resultados ($P < 0,05$) de peso final, taxa de crescimento específico, comprimento final, consumo individual de ração e conversão alimentar foram obtidos nos animais que receberam as dietas contendo farelo de soja e farelo de girassol (Tab. 3). Não foi observada mortalidade em nenhum tratamento durante todo o experimento. O farelo de soja é um ingrediente proteico que já foi testado como sucedâneo da farinha de peixe em dietas de juvenis de pacu (Fernandes *et al.*, 2001). É rico em carboidratos, mas não possui um nível muito elevado de fibra bruta (7,58%), exigindo a suplementação com celulose purificada para atingir o nível de 9%. A dieta contendo farelo de soja foi formulada com o objetivo de servir como referência no experimento, e realmente proporcionou os melhores resultados de desempenho.

Fontes de fibra na alimentação...

A utilização da casca de soja afetou negativamente ($P < 0,05$) o crescimento, o consumo de ração e a conversão alimentar dos juvenis de pacu em relação às dietas contendo farelo de soja e farelo de girassol. Todas as dietas possuíam o mesmo nível de fibra bruta (9%), mas as análises de fibra alimentar insolúvel mostraram que a ração contendo casca de soja possuía o teor mais elevado entre todos os tratamentos (19,97%). Além disso, este ingrediente possui níveis bastante elevados de oligossacarídeos indigestíveis, totalizando até 86% de carboidratos complexos em sua

composição (Gnanasambandam e Proctor, 1999). O excesso de fibra e carboidratos complexos na dieta pode ter prejudicado o desempenho dos peixes (Knudsen, 2001; Montagne *et al.*, 2003). A casca de soja já foi estudada na dieta de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), e não foram observadas alterações no desempenho em relação à outra fonte fibrosa estudada, o farelo de algodão (Pedron *et al.*, 2008). Entretanto, neste estudo com jundiá, o nível de inclusão foi de 10%, enquanto no presente estudo foi de 26,4%, e talvez tenha sido insuficiente para provocar efeitos prejudiciais no desempenho.

Tabela 3. Desempenho dos juvenis de pacu após 84 dias de alimentação com dietas contendo diferentes fontes de fibra

	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	Polpa 30%	Polpa 45%	CV%
Peso final (g)	52,3±2,8a	37,4±4,9b	47,6±3,7a	35,8±4,5b	32,4±0,9b	8,86
Taxa de cresc. específico	0,85±0,07a	0,47±0,12b	0,73±0,08a	0,43±0,11b	0,32±0,03c	15,84*
Comp. final (cm)	13,2±0,2a	11,8±0,5b	12,8±0,5a	11,7±0,6b	11,3±0,2b	3,48
Consumo individual (g)	41,0±2,5a	32,9±2,7b	39,9±2,8a	30,67±2,9bc	25,71±2,1c	7,73
Conversão alimentar	1,54±0,16a	2,81±0,65b	1,83±0,16a	2,92±0,74b	3,38±0,42b	19,56*

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

O farelo de girassol contém baixos teores de lisina, exigindo a suplementação exógena deste aminoácido em dietas para outros monogástricos (Hegedus e Fekete, 1994; Senkyoku e Dale, 1999). Entretanto, no presente estudo, a dieta contendo farelo de girassol promoveu resultados positivos de desempenho, bastante semelhantes aos obtidos para a dieta contendo farelo de soja. Em dietas para peixes, a suplementação de lisina parece ser desnecessária, uma vez que a utilização de farinha de peixe (20% de inclusão) em todas as dietas experimentais aparentemente foi suficiente para impedir qualquer problema relacionado com deficiências de aminoácidos, confirmando resultados obtidos anteriormente para a tilápia-do-nylo (Sintayehu *et al.*, 1996).

A utilização de dietas contendo polpa cítrica também prejudicou ($P < 0,05$) o desempenho em relação aos peixes alimentados com as dietas contendo farelo de soja e farelo de girassol. O

efeito sobre a taxa de crescimento específico e o consumo de ração foi acentuado ($P < 0,05$) com o aumento da inclusão de polpa cítrica. O nível mais elevado de polpa cítrica (45%) inibiu o consumo de ração, inclusive em relação à dieta contendo casca de soja, que também não foi bem aceita pelos animais. A polpa cítrica tem sabor amargo (Albach *et al.*, 1981; Drownowski e Gómez-Carneiros, 2000), o que explicaria parcialmente o menor consumo com o aumento da inclusão deste ingrediente. Por outro lado, nas dietas contendo polpa cítrica, os teores de fibra alimentar solúvel foram mais elevados (6,01 e 9,48%), do que nas demais (cerca de 2%). Resultados negativos com a utilização de dietas contendo diferentes tipos de fibra solúvel também já foram observados para outras espécies de peixes (Refstie *et al.*, 1999; Amirkolaie *et al.* 2005; Leenhouwers *et al.*, 2006).

Os resultados de porcentagem de matéria seca na carcaça dos juvenis de pacu alimentados com diferentes fontes de fibra não variaram ($P>0,05$) entre os diferentes tratamentos, sendo a média geral de $30,7\pm 0,5\%$. Os resultados de proteína bruta e extrato etéreo na carcaça dos juvenis de pacu estão apresentados na Tab. 4. As dietas

contendo casca de soja e 30% de polpa cítrica afetaram negativamente o desempenho dos juvenis de pacu, mas as modificações metabólicas e fisiológicas provocadas por estas dietas não foram suficientes para afetar ($P>0,05$) a composição corporal em relação às dietas contendo farelo de soja e farelo de girassol.

Tabela 4. Composição corporal dos juvenis de pacu alimentados durante 84 dias com dietas contendo diferentes fontes de fibra.

	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	Polpa 30%	Polpa 45%	CV%
Proteína bruta (%)	50,5±1,0ab	50,2±2,5ab	49,1±2,2b	48,4±1,4b	53,2±1,1a	3,37
Extrato etéreo (%)	27,0±2,1ab	28,7±2,6a	29,1±1,5a	28,9±1,7a	23,5±5,9b	10,54

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Somente para a dieta contendo 45% de polpa cítrica, que piorou o crescimento e o consumo de forma acentuada, foram observadas alterações ($P<0,05$) na composição corporal dos juvenis de pacu. Os peixes alimentados com a dieta contendo 45% de polpa cítrica apresentaram maior ($P<0,05$) porcentagem de proteína na carcaça em relação àqueles que receberam dietas contendo farelo de girassol e 30% de polpa cítrica. Esta dieta também proporcionou menor ($P<0,05$) porcentagem de gordura na carcaça dos animais, em comparação com aqueles que foram alimentados com as dietas contendo casca de soja, farelo de girassol e 30% de polpa cítrica. Os peixes deste tratamento apresentaram maior porcentagem de proteína na carcaça, pois, devido à restrição energética na alimentação, depositaram menos ($P<0,05$) gordura.

A altura e a espessura das vilosidades intestinais, assim como a profundidade de cripta, não variaram ($P>0,05$) entre os peixes alimentados com diferentes ingredientes fibrosos (Tab. 5). Por outro lado, a densidade de vilosidades por área no intestino foi menor ($P<0,05$) nos juvenis de pacu alimentados com a dieta contendo 45% de polpa cítrica em relação aos alimentados com a dieta contendo farelo de girassol. Uma vez que as alterações nas vilosidades intestinais podem ser causadas pelo excesso de fibra alimentar solúvel na dieta (Montagne *et al.*, 2003), este resultado mostra que o efeito deletério sobre o desempenho pode realmente estar relacionado com a composição fibrosa deste ingrediente.

Tabela 5. Dados de morfometria intestinal dos juvenis de pacu no final do experimento

	Farelo de soja	Casca de soja	Farelo de girassol	Polpa 30%	Polpa 45%	CV%
Altura vilosidades (μm)	531,0±63,7	463,4±33,3	537,8±60,8	429,2±37,2	514,1±49,0	10,1
Espessura vilosidades (μm)	52,54±5,12	50,72±5,62	51,10±2,75	50,61±4,03	50,53±3,19	8,8
Profundidade de cripta (μm)	36,00±3,80	34,47±3,61	34,61±1,86	34,76±1,31	33,21±3,89	8,9
Vil./ área ($1.712, 14 \mu\text{m}^2$)	9,50±1,93ab	8,80±1,35ab	10,10±0,96a	8,50±0,93ab	8,00±0,93b	14,3

Médias seguidas de letras iguais na horizontal não diferem entre si pelo teste de Duncan ($P<0,05$).

CONCLUSÕES

O farelo de soja e o farelo de girassol podem ser utilizados na alimentação de juvenis de pacu. A inclusão de níveis elevados de casca de soja e a

polpa cítrica podem prejudicar o desempenho. Os resultados possivelmente estão relacionados com a composição diferenciada de carboidratos dos ingredientes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Métodos de coleta de fezes e determinação dos coeficientes de digestibilidade da fração proteica e da energia de alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. Bras. Zootec.*, v.33, p.1101-1109, 2004.
- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles: fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. *Aquacult. Nutr.*, v.13, p.1-9, 2007.
- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. Growth and metabolism of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. *Aquacult. Res.*, v.38, p.36-44, 2007.
- ALBACH, R.F.; REDMAN, G.H.; CRUSE, R.R.; PETERSEN, H.D. Seasonal variation of bitterness components, pulp, and vitamin C in Texas commercial citrus juices. *J. Agric. Food Chem.*, v.29, p.805-808, 1981.
- AMIRKOLAIE, KA.; LEENHOUWERS, 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*). *Aquacult. Res.*, v.36, p.1157-1166, 2005.
- BICUDO, A.J.A. *Exigências nutricionais de juvenis de pacu (Piaractus mesopotamicus Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos*. 2008. 123 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.
- BIJLANI, R.L. Dietary fiber: consensus and controversy. *Prog. Food Nutr. Sci.*, v.9, p.343-393, 1985.
- 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.
- CUMMINGS, J.H.; EDMOND, L.M.; MAGEE, E.A. Dietary carbohydrates and health: do we still need the fiber concept? *Clinical Nutrition supplements*, v.1, p.5-17, 2004.
- DIAS-KOBERSTEIN, T.C.R.; CARNEIRO, D.J.; URBINATI, E.C. Tempo de trânsito gastrointestinal e esvaziamento gástrico do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) em diferentes temperaturas de cultivo. *Acta Sci. Anim. Sci.*, v. 27, p.413-417, 2005.
- DIEMAIR, W. *Laboratoriumsbuch für lebensmittelchemiker*. 8 aufl. Drisdien: Verlag Von Theodor Steinkopff, 1963.
- DREWNOWSKI, A.; GOMEZ-CARNEIRO, C. Bitter taste, phytonutrients, and consumer: a review. *Am. J. Clin. Nutr.*, v.72, p.1424-1435, 2000.
- FABREGAT, T.E.H.P; FERNANDES, J.B.K.; RODRIGUEZ, L.A. *et al.* Digestibilidade aparente da energia e da proteína de ingredientes selecionados para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Rev. Acad. Cienc. Agr. Amb.*, v.6, p.459-464, 2008
- FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu *Piaractus mesopotamicus*. *Rev. Bras. Zootec.*, v.29, p.646-653, 2000.
- FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Rev. Bras. Zootec.*, v.30, p.617-626, 2001.
- GNANASAMBANDAM, R.; PROCTOR, A. Preparation of soy hull pectin. *Food Chem.*, v.65, p.461-467, 1999.

- HEGEDUS, M.; FEKETE, S. Nutricional and animal health aspects of the substitution of soybean meal with sunflower meal. *Mag.-Allatorv.*, v.49, p.597-604, 1994.
- HORWITZ, W. (Ed.) *Official methods of analysis of AOAC Internacional*. 16.ed. Maryland: Gaithersburg, 1997. p.1298.
- KNUDSEN, K.E. The nutritional significance of "dietary fibre" analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.90, p.3-20, 2001.
- LEENHOUWERS, J.I.; ADJEI-BOATENG, D.; VERRETH, J.A.J.; SCHRAMA, J.W. Digesta viscosity, nutrient digestibility and organ weights in African catfish (*Clarias gariepinus*) fed diets supplemented with different levels of a soluble non-starch polysaccharide. *Aquac. Nutr.*, v.12, p.111-116, 2006.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D J. A review of interactions between dietary fibre and intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.108, p.95-117, 2003.
- PEDRON, F.A.; NETO, J.R.; EMANUELLI, T. et al. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. *Pesqui. Agropecu. Bras.*, v.43, p.93-98, 2008.
- PROSCKY, L.; ASP, N.G.; FURDA, I. et al. Determination of total dietary fiber in foods, food products and total diets: Interlaboratorial Study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, v.67, p.1044-1052, 1984.
- REFSTIE, S.; SVIHUS, B.; SHEARER, K.D.; STOREBAKKEN, T. Nutrient digestibility in salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharide content in different soyabean products. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.79, p.331-345, 1999.
- 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.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Composição de alimentos e exigências nutricionais: tabelas brasileiras*. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.
- SCHNEEMAN, B.O. Dietary fiber and gastrointestinal function. *Nutr. Res.*, v.18, p.625-632, 1998.
- SENKYOKU, N.; DALE, N. Sunflower meal in poultry diets. *World's Poult. Sci. J.*, v.56, p.153-171, 1999.
- SINTAYEHU, A.; MATHIES, E.; MEYERBURGDORFF, K.H. et al. Apparent digestibilities and growth experiments with tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed soybean meal, cottonseed meal and sunflower seed meal. *J. Appl. Ichthyol.*, v.12, p.125-130, 1996.
- URBINATI, E.C.; GONÇALVES, F.D. Pacu (*Piaractus mesopotamicus*). BALDISSEROTTO, B. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. (Ed.) *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: Editora da UFSM, 2005. p.225-256.
- WENK, C. The role of fibre in digestive physiology of the pig. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.90, p.21-33, 2001.