

Diâmetro do ingrediente e a digestibilidade aparente de rações por duas espécies de peixes tropicais

Luiz Edivaldo Pezzato^{1*}, Edma Carvalho de Miranda¹, Wilson Massumitu Furuya², Luis Gabriel Quintero Pinto¹, Margarida Maria Barros¹ e Guilherme Jordão Magalhães Rosa¹

¹Departamento de Nutrição Animal, FMVZ/Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, C.P. 560, 18618, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. *Autor para correspondência. e-mail: epezzato@fca.unesp.br

RESUMO. Este estudo foi realizado no Laboratório de Pesquisas em Nutrição de Organismos Aquáticos, da FMVZ - Unesp Campus de Botucatu, Estado de São Paulo, unidade integrada ao Centro de Aquicultura da Unesp. Teve por objetivo avaliar a influência do diâmetro do ingrediente alimentar (0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 mm), por meio da digestibilidade aparente de rações pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* L. (Perciformes cichlidae), e pelo pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg) Characiformes, Characidae), com peso médio de 100,0 gramas. Foram determinados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo. Estes tratamentos foram avaliados por meio de análise de variância em um esquema fatorial 2 x 5 (duas espécies de peixes e cinco diâmetros). Os resultados demonstram que existe interação significativa entre o diâmetro da partícula alimentar e a espécie, e que o diâmetro mais adequado da partícula para a confecção de rações apresenta-se entre 1,0 mm e 2,0 mm para o pacu e, de 1,5 mm para a tilápia do Nilo.

Palavras-chave: digestibilidade aparente, diâmetro da partícula, tilápia do Nilo, pacu.

ABSTRACT. Ingredient diameter and apparent digestibility of diet by two tropical fish species. This research was carried out at the Aquatic Organisms Nutrition Research Laboratory, FMVZ - Unesp - Campus of Botucatu, a unit of Aquaculture Center of Unesp (Universidade Estadual de São Paulo) - Brazil. The objective was to evaluate the ingredient diameter influence (0.5; 1.0; 1.5; 2.0 and 2.5 mm), using the apparent digestibility of diets by Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. (Perciformes cichlidae) and pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg) Characiformes, Characidae). The coefficients were determined according to dry matter, crude protein and ether extract. These treatments were analyzed by variance analysis in the factorial design 2 x 5 (two fish species and five diameters). The result showed that there is significant interaction between ingredient diameter and species and that, the most appropriate ingredient diameter to manufacture fish diets is between 1.0 and 2.0 mm to pacu and 1.5 mm to Nile tilapia.

Key words: apparent digestibility, ingredient diameter, Nile tilapia, pacu.

Introdução

As rações utilizadas nas piscigranjas, semelhantes às das demais espécies animais, têm custo de produção que pode representar mais de 50% do produto final. Destaca-se que tais rações devem apresentar especial estabilidade na água, a fim de se evitar perda de nutrientes hidrossolúveis por lixiviação. Pesquisas têm sido realizadas visando minimizar esses problemas, quando diferentes ingredientes vêm sendo testados, além das mais variadas técnicas de processamento para obtenção de melhor estabilidade e menores custos.

Os melhores resultados de conversão alimentar e desempenho produtivo têm sido proporcionados por rações extrusadas. De acordo com a literatura, as partículas que compõem esse pélete apresentam melhores respostas de digestibilidade, quando finamente moídas. Assim, a indústria tem utilizado um grau de moagem preferencialmente inferior ou igual a 1,0 mm. Entretanto, esta prática exige alto consumo de energia elétrica, fato que eleva sobremaneira o custo final do produto comercial.

Embora para o período didaticamente definido como pós-larval e alevino - I, esta realidade apresente-se fisiologicamente fundamentada, para as

demais fases produtivas, principalmente após alevino - II é provável que seja viável a utilização de partículas com diâmetros maiores que aqueles já definidos. Portanto, faz-se necessário investigar diâmetros alternativos para confeccionar essas rações, sem que acarretem prejuízos a digestibilidade. Acredita-se que esta hipótese apresenta-se como meta das indústrias que atuam neste setor, em função da minimização de custos operacionais e, principalmente, por não provocarem problemas fisiológicos aos animais.

Assim, esta pesquisa vem de encontro aos anseios de criadores e empresas ligadas à confecção de rações e, especialmente, permita o desenvolvimento de novos projetos por parte dos técnicos de nosso país.

Material e métodos

Esse estudo foi realizado no Laboratório de Pesquisas em Nutrição de Organismos Aquáticos, da FMVZ - Unesp Campus de Botucatu, unidade integrada ao Centro de Aquicultura da Unesp, Estado de São Paulo.

Teve por objetivo avaliar, por meio da digestibilidade aparente de rações, em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e pacu (*Piaractus mesopotamicus*), a influência de cinco diâmetros dos ingredientes alimentares: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 e 2,5 mm. Os resultados foram avaliados por meio da análise de variância no esquema fatorial 2 x 5 (duas espécies e cinco diâmetros) com cinco repetições. Completou-se a análise estatística com o teste de comparações múltiplas, de Tukey (Stell e Torrie, 1984). Todas as conclusões no presente estudo foram realizadas com nível de 5% de significância.

Os tratamentos foram comparados por meio da digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo. As cinco rações experimentais que compuseram os tratamentos propostos foram formuladas de modo a apresentarem-se isoprotéicas (30,0% PB), e isoenergéticas (3200 kcal/ED/kg de ração). Foram utilizados os ingredientes farinha de peixe, farelo de soja, milho, suplemento vitamínico e mineral, aminoácidos sintéticos (L-lisina e DL-metionina), vitamina C, óxido de crômio III, óleo de soja, fosfato bicálcico, BHT (antioxidante), sal comum e alginato (aglutinante), nos níveis apresentados na Tabela 1.

Todos esses ingredientes, exceto os aditivos, foram submetidos à análise de sua composição em matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta e matéria mineral, no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal - FMVZ - Unesp - Campus de Botucatu.

A padronização dos ingredientes foi realizada mediante a utilização de peneiras propostas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1989), com abertura de 0,50; 1,00; 1,50; 2,00 e 2,50 mm. A partir da formulação, os ingredientes foram homogeneizados em misturador vertical (lotes de 10,0 kg) e submetidas a processamento num peletizador, com câmara de acondicionamento e presença de vapor, de modo a apresentarem-se os grânulos com diâmetro e comprimento de 5,0 mm e 10,0 mm, respectivamente.

Tabela 1. Composição percentual dos ingredientes usados na confecção das dietas e composição química das rações experimentais

Ingrediente (%)	Diâmetro (mm)				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Milho	32,63	32,63	32,63	32,63	32,63
Farelo de soja	58,00	58,00	58,00	58,00	58,00
Farinha de peixe	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BHT ¹	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Óleo de soja	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Fosfato bicálcico	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
Premix ²	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Alginato	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Vitamina C	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sal (NaCl)	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
DL-metionina	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
L-lisina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Oxido de crômio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
<i>Composição da ração (%)</i>					
Proteína bruta (PB)	30,00	30,00	30,00	30,00	30,00
ED ³ (kcal/kg)	3229	3229	3229	3229	3229
Relação ED: PB	107	107	107	107	107
Extrato etéreo (EE)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Fibra bruta (FB)	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Lisina	1,73	1,73	1,73	1,73	1,73
Metionina	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Cálcio	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Fósforo disponível	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Oxido de crômio	0,15	0,16	0,15	0,15	0,15

¹BHT = Butil hidroxi tolueno, antioxidante; ²Premix mineral e vitamínico (*Supremais*): níveis de garantia por kg do produto: Vitaminas: A=1200.000 UI; D3=200.000 UI; E=12.000 mg; K3=2.400 mg; B1=4.800 mg; B2=4.800 mg; B6=4.000 mg; B12=4.800 mg; ac. fólico=1.200 mg; pantotenato de Ca=12.000 mg; C=48.000 mg; biotina=48mg; colina=65.000mg; niacina=24.000mg; minerais: ferro=10.000 mg; cobre=600 mg; manganês=4.000 mg; zinco=6.000 mg; iodo=20 mg; cobalto=2 mg e selênio=20 mg; ³ED = Energia digestível

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) foram determinados pelo método indireto usando óxido de crômio III como marcador inerte. Utilizaram-se 10 aquários de alimentação, de formato circular e capacidade de 250 litros e cinco aquários de coleta de fezes, com formato cônico e capacidade de 300 litros, ambos confeccionados em fibra de vidro. Os peixes, 80 juvenis de tilápia do Nilo e 80 juvenis de pacu com peso médio de 100,0 ± 10,0 g, foram alojados em 10 tanques-rede de formato circular, confeccionado com tela plástica (malha de 1,5 cm entre-nós). Estes foram utilizados para alojar os peixes e facilitar o manejo de alimentação diária e coleta de fezes, em dias

alternados para as espécies, conforme metodologia adotada neste laboratório.

O fluxo de água dos aquários foi regulado e mantido constante, permitindo adequado suprimento de oxigênio aos peixes e conseqüente carreamento e deposição das excretas nos respectivos coletores. A iluminação ambiente foi obtida por meio de lâmpadas fluorescentes, com fotoperíodo de 12 horas luz / 12 horas escura.

As análises para determinação da concentração de crômio, nas fezes e nas rações, foram efetuadas segundo Graner (1972), e as análises químico-bromatológicas dos ingredientes, rações e fezes, de acordo com os protocolos da A.O.A.C. (1984), ambas realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da FMVZ - Unesp - Botucatu.

O período de manejo para coleta de material correspondente a cada repetição possibilitou a obtenção mínima de 10,0 gramas de matéria seca de excretas. Essas foram desidratadas em estufa de ventilação forçada a 52°C (48h), moídas e estocadas a -10°C para posterior análise química, conforme metodologia proposta por Furukawa e Tsukahara (1966). Os coeficientes de digestibilidade aparente das frações nutritivas das rações foram obtidos por meio da equação proposta por Cho *et al.* (1985):

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

Onde:

$Da_{(n)}$ = Digestibilidade aparente;

Cr_2O_{3r} = % de óxido de crômio na ração;

Cr_2O_{3f} = % de óxido de crômio nas fezes;

N_r = Nutrientes na ração;

N_f = Nutriente nas fezes.

Resultados e discussão

Na Tabela 2, apresentam-se os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente, desvios padrão e os resultados do teste de *Tukey* da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) obtidos com a tilápia do Nilo e com o pacu, em função dos diferentes diâmetros de partícula dos ingredientes utilizados para confeccionar as dietas.

Digestibilidade aparente da matéria seca

A análise de variância relativa aos dados obtidos revelou efeitos significativos ($p < 0,05$) dos diâmetros das partículas alimentares que constituíram os péletes, das espécies e da interação entre esses dois fatores. A presença de interação significativa indica

que o pacu e a tilápia do Nilo apresentaram diferentes coeficientes de digestibilidade aparente, em função dos diâmetros das partículas alimentares que constituíram as rações.

Tabela 2. Valores médios (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e desvio padrão da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) para tilápia e pacu, em função dos diferentes diâmetros de partículas (mm) e resultado do teste estatístico

CDA Espécie (%)	Diâmetro da partícula (mm)					Coeficiente de variação (%)	
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		
MS	pacu	62,67Aa (±2,14)	61,29Aa (±1,20)	60,91Aa (±1,46)	63,24Aa (±0,70)	56,75Ab (±1,25)	CV = 3,52
	tilápia	51,23Bc (±0,92)	52,33Bbc (±0,33)	63,80Ba (±1,44)	53,97Bb (±1,62)	47,64Bd (±0,93)	
PB	pacu	84,10Abc (±0,91)	85,01Aab (±0,44)	84,41Bbc (±0,58)	85,85Aa (±0,44)	83,51Ac (±0,47)	CV = 1,01
	tilápia	81,86Bb (±1,24)	81,76Bb (±0,67)	85,72Aa (±0,92)	83,11Bb (±0,64)	81,74Bb (±1,03)	
EE	pacu	78,02Ab (±1,26)	80,59Aa (±0,58)	78,16Ab (±0,81)	78,74Ab (±0,61)	77,26Ab (±0,65)	CV = 1,45
	tilápia	66,60Bbc (±1,44)	65,90Bc (±0,72)	72,08Ba (±1,52)	66,60Bbc (±0,67)	68,16Bb (±0,81)	

Valores seguidos de letras iguais não diferem entre si pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$), onde as letras minúsculas (na mesma linha) representam as diferenças entre diâmetros para cada uma das espécies e, as maiúsculas (na coluna) representam as diferenças entre as espécies dentro de um mesmo diâmetro

As equações resultantes dos testes de regressão aplicados as médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS) com a tilápia do Nilo e com o pacu, em função dos diferentes diâmetros da partícula dos ingredientes, revelaram relação do tipo quadrática para a tilápia do Nilo ($\hat{Y} = 37,37 + 29,89x - 10,33x^2$) e para o pacu ($\hat{Y} = 60,18 + 4,48x - 2,15x^2$).

Conforme pode ser observado na Tabela 2, o pacu apresentou melhor coeficiente de digestibilidade ($p < 0,05$), quando comparado à tilápia do Nilo, em todos os diâmetros estudados, exceto para o diâmetro 1,5 mm.

Com o pacu, as rações confeccionadas com partículas alimentares cujos diâmetros variaram de 0,5 a 2,0 mm, apresentaram semelhantes ($p > 0,05$) coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) para a matéria seca. Entretanto, o diâmetro 2,5 mm resultou num CDA significativamente inferior ($p < 0,05$).

Jobling (1987) destacou a existência de um limite ao diâmetro da partícula alimentar para que não haja prejuízo à sua digestibilidade. Segundo esse autor, as partículas alimentares com maiores diâmetros apresentam menores coeficientes de digestibilidade aparente.

No sentido de melhor visualizar esses resultados, adotou-se o índice relativo de comparação (IRC %), sendo atribuído índice 100% ao CDA do diâmetro 2,0 mm. Tal prática revelou que as rações

confeccionadas com partículas alimentares de diâmetros de 0,5; 1,0 e 1,5 mm apresentaram tendência de inferioridade em média de 2,5%. O diâmetro 2,5mm, com CDA significativamente ($p < 0,05$) pior que os demais, revelou um IRC 25,3% inferior que o diâmetro 2,0 mm.

O melhor coeficiente de digestibilidade aparente para a matéria seca para a tilápia do Nilo foi obtido com o diâmetro 1,5mm ($p < 0,05$). Pode-se observar, através da Tabela 2, que os diâmetros 1,0 e 2,0 mm apresentaram semelhantes CDA, o mesmo ocorrendo entre os diâmetros 0,5 e 1,0 mm. O diâmetro 2,5 mm proporcionou o pior CDA, sendo que esse diferiu ($p < 0,05$) dos demais.

Aplicando-se o IRC para os CDA médios apresentados pela tilápia do Nilo, em função dos diâmetros das partículas alimentares, observou-se que quando foi atribuído índice 100% ao diâmetro 1,5 mm, os CDA dos diâmetros 1,0 e 2,0 mm; 0,5 e 1,0 mm e; 2,5 mm foram inferiores em média 16,6%; 18,8% e 25,3%, respectivamente.

Os CDA da matéria seca, obtidos com as rações, cujas partículas alimentares apresentaram diâmetros de até 2,0mm com o pacu, e 1,5mm com a tilápia do Nilo, demonstraram que esses têm capacidade de digerir partículas consideradas grandes para algumas espécies de peixes.

Estes diâmetros parecem definir os limites aceitáveis para a moagem da matéria prima a compor a dieta dessas espécies. É importante ressaltar que esses peixes já se apresentavam com peso para acabamento. Tais respostas corroboram com os resultados de He e Wurtsbaugh (1993), de que o diâmetro da partícula alimentar tem significativo efeito sobre a digestão. Segundo esses autores, a menor área superficial dessas partículas dificultam a sua digestão mecânica e química.

Os resultados de digestibilidade aparente da matéria seca (Tabela 2) apresentam-se inferiores aos obtidos por Barros *et al.* (1988) com ingredientes energéticos, avaliados com a tilápia do Nilo que variaram de 86,8 a 88,9%. Esses índices encontram-se, ainda, inferiores aos obtidos por Khan (1994) com o bagre tropical, cujos CDA do farelo de soja foi de 95,5% e do farelo de amêndoa de coco de 86,0%.

Resultados intermediários foram obtidos por Oliveira *et al.* (1998), quando com a tilápia do Nilo, utilizando níveis crescentes de torta de dendê (0,0% a 35,0%) em rações isoprotéicas (30,0% PB) e isoenergéticas (2800 kcal/ED/kg). Segundo esses autores, os CDA dessas rações variaram de 74,7% a 82,4% para a matéria seca. Apresentam-se, ainda, intermediários aos obtidos por Oliveira *et al.* (1997),

quando em estudo com o pacu (180,0 g), obtiveram CDA de 54,8% e 72,6% para a torta de dendê e farelo de coco, respectivamente; Carneiro e Pires (1998) quando encontraram CDA com juvenis de pacu, da matéria seca, variando entre 58,7% e 94,9% e; aos obtidos por Oliveira *et al.* (1994), quando em estudo com juvenis de tilápia do Nilo, obtiveram CDA da torta de dendê e do farelo de cacau, respectivamente, de 70,3% e 64,5%.

Digestibilidade aparente da proteína bruta

A média (%) e desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta das rações dos diferentes tratamentos e o resultado do teste estatístico estão apresentados na Tabela 2. A análise de variância revelou efeitos significativos ($p < 0,05$) dos diâmetros das partículas alimentares, das espécies e da interação entre esses dois fatores.

Semelhante ao ocorrido com a matéria seca, equações resultantes dos testes de regressão aplicados aos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB) demonstrou que o efeito do diâmetro da partícula para a tilápia do Nilo ($\hat{Y} = 77,94 + 8,04x - 2,60x^2$) e para o pacu ($\hat{Y} = 82,46 + 3,74x - 1,27x^2$) apresentam relação do tipo quadrática.

A presença de interação significativa indica que o pacu e a tilápia do Nilo apresentaram diferentes coeficientes de digestibilidade aparente, em função do diâmetro da partícula alimentar que constituíram as rações. Conforme pode ser observado, o pacu apresentou melhor coeficiente de digestibilidade ($p < 0,05$), quando comparado a tilápia do Nilo, em todos os diâmetros estudados, exceto para o diâmetro 1,5 mm.

Segundo Lambert (1985), a forma física do alimento tem ação sobre o tempo de permanência no trato gastrointestinal. Afirmam ainda, que esse tempo e conseqüentemente a digestibilidade, dependem também da idade do peixe. Como as duas espécies desse estudo se apresentavam com pesos semelhantes, as diferenças constatadas pelo pacu podem ser atribuídas à morfologia do sistema digestório, o qual parece reter por um período maior a digesta.

O CDA da ração com 2,0 mm de diâmetro com o pacu se mostrou semelhante ($p > 0,05$) a 1,0mm e superior aos CDA dos demais ($p < 0,05$). Observou-se, ainda, que os CDA das rações com diâmetros de partículas alimentares com 0,5 e 1,5 mm apresentaram-se semelhantes ($p > 0,05$) entre si e aos dos diâmetros 1,0 e 2,5 mm. Entretanto, o diâmetro 2,5 mm apresentou o pior CDA e este, embora semelhante ao 0,5 e 1,5 mm apresentou-se

significativamente ($p < 0,05$) inferior ao diâmetro 1,0 mm.

No sentido de melhor visualizar esses resultados, adotou-se o índice relativo de comparação (IRC %), sendo atribuído índice 100% ao diâmetro 2,0 mm. Pode-se observar que esse apresentou CDA superior ao 1,0 mm em apenas 0,9% e, que os CDA dos diâmetros 0,5 e 2,5 mm, respectivamente, em 2,04% e 2,72%.

O CDA da proteína bruta, obtido com a tilápia do Nilo (Tabela 2) com o diâmetro 1,5mm foi o melhor ($p < 0,05$) e os demais diâmetros resultaram em semelhantes CDA ($p > 0,05$). Atribuindo-se o índice 100% (IRC) ao CDA do diâmetro 1,5 mm pode-se constatar que os demais diâmetros resultaram CDA inferiores em média, 4,2%.

Esses resultados são contrários aos obtidos por Sveier *et al.* (1999) com o salmão do Atlântico. Esses autores avaliaram a digestibilidade da proteína bruta, em função do diâmetro da partícula alimentar e não encontraram diferenças entre os coeficientes de digestibilidade. Tais resultados podem ser atribuídos à técnica de obtenção de fezes por dissecação, uma vez que esse processo acaba por somar o nitrogênio endógeno (muco, enzimas e fragmentos de sangue) do intestino dos peixes.

Os índices de digestibilidade aparente da proteína bruta obtida nesse estudo apresentam-se inferiores (93,2% a 96,2%) aos obtidos por Barros *et al.* (1988) com a tilápia do Nilo. Mostraram-se também inferiores aos determinados com essa mesma espécie, com a torta de dendê (91,5%) por Oliveira *et al.* (1994) e aos observados por Takeuchi *et al.* (1994), que obtiveram, com a carpa capim, os coeficientes de digestibilidade aparente do milho cru de 95,2% e extrusado de 96,5%, e com a tilápia híbrida 97,9% e 98,4%, respectivamente. Revelaram-se, ainda, inferiores aos de Watanabe *et al.* (1996), quando obtiveram os seguintes coeficientes de digestibilidade para a fração proteína bruta com a tilápia do Nilo: farinha de filé de peixe (92,2%), farinha comercial de peixe (92,6%), farinha de carne (96,2%), farinha de crisálidas (91,1%), glúten de milho (90,7%), farelo de soja (90,9%), gérmen de trigo (95,5%), farelo de arroz desengordurado (88,3%) e farelo de trigo (93,7%), além de Oliveira *et al.* (1998) em estudo com a tilápia do Nilo (93,43 a 96,16%) para a fração protéica da torta de dendê.

Por outro lado, os valores detectados nesse experimento mostram-se similares aos obtidos por Carneiro (1981) com o tambaqui (67,7% a 85,9%), e Carneiro e Castagnoli (1984) com o pacu (70,8% a 87,0%) e Carneiro e Pires (1998), com juvenis de pacu, de 81,5% a 94,1%.

Destaca-se que os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta, obtidos nesse estudo, foram superiores aos obtidos por De Silva *et al.* (1984) com a tilápia mossambica (60,8%); aos determinados com a tilápia do Nilo por Hanley (1987) para o fubá de milho (59,0%), farelo de trigo (63,0%) e cevada (30,0%). Mostram-se ainda CDA superiores aos determinados por Ng e Wee (1989) com a tilápia do Nilo para o feno de folha de mandioca (64,0%), e aos determinados com essa mesma espécie por Oliveira *et al.* (1994) com o farelo de tegumento de cacau (62,9%).

Similares resultados foram obtidos em estudo com pacus jovens por Stech e Carneiro (1998). Segundo esses autores, a soja crua apresentou um coeficiente de digestibilidade para a proteína de 80,0%, enquanto os coeficientes para a soja nas demais formas variaram de 82,8% a 95,2%.

Os resultados de CDA da proteína bruta apresentam-se semelhantes aos obtidos com a matéria seca, demonstrando a influência do diâmetro da partícula na digestibilidade da dieta. Pelo observado, pode-se inferir que para o pacu, partículas com diâmetro entre 1,0 e 2,0 mm têm tendência em proporcionar melhores CDA para a matéria seca e proteína bruta, enquanto para a tilápia do Nilo, tais resultados são obtidos com diâmetro de 1,5mm.

Digestibilidade aparente do extrato etéreo

A média (%) e desvio padrão dos coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo das rações dos diferentes tratamentos e resultado do teste estatístico estão apresentados na Tabela 2. A análise de variância relativa revelou efeitos significativos ($p < 0,05$) dos diâmetros das partículas alimentares que constituíram os péletes, das espécies e da interação entre estes dois fatores.

Semelhante ao ocorrido com a matéria seca e a proteína bruta, equações resultantes dos testes de regressão aplicados às médias dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) do extrato etéreo (EE) obtidas com a tilápia do Nilo e com o pacu, em função dos diferentes diâmetros de partícula dos ingredientes, demonstrou que o efeito do diâmetro da partícula sobre a digestibilidade aparente do extrato etéreo da ração, para a tilápia do Nilo ($\hat{Y} = 63,14 + 6,89x - 2,04x^2$) e para o pacu ($\hat{Y} = 77,01 + 3,73x - 1,47x^2$) é do tipo quadrática.

A presença de interação significativa indica que, novamente, o pacu e a tilápia do Nilo apresentaram diferentes CDA, em função do diâmetro da partícula alimentar que constituíram as rações.

Conforme pode ser observado, o pacu apresentou melhor coeficiente de digestibilidade ($p < 0,05$), quando comparado a tilápia do Nilo, em todos os diâmetros estudados. Com o pacu, o CDA do extrato etéreo, cujos ingredientes apresentavam-se com diâmetro de 1,0 mm mostrou-se significativamente ($p < 0,05$) melhor que os demais. Os CDA dos tratamentos com diâmetros de 0,5; 1,5; 2,0 e 2,5 mm (Tabela 2) mostraram-se semelhantes ($p > 0,05$). Aplicando-se o IRC, com índice 100% ao CDA do diâmetro 1,0 mm, observa-se que os demais tratamentos resultaram, em média, numa digestibilidade 3,1% inferior para o extrato etéreo.

Com a tilápia do Nilo, o melhor CDA foi apresentado pelo tratamento com diâmetro 1,5 mm o qual, foi significativamente superior ($p < 0,05$) que os demais. O segundo melhor CDA do extrato etéreo foi apresentado pela ração com ingrediente de 2,5mm, o qual se mostrou semelhante ($p > 0,05$) aos dos diâmetros 2,0 e 0,5 mm.

Esses resultados confirmam os obtidos por Sveier et al. (1999) com o salmão do Atlântico, os quais avaliaram a digestibilidade do extrato etéreo em função do diâmetro da partícula alimentar e encontraram diferenças significativas entre os coeficientes de digestibilidade.

Aplicando-se o índice relativo de comparação (100% ao CDA do diâmetro 1,5 mm), observou-se que a digestibilidade média do extrato etéreo dos demais tratamentos, foi inferior em aproximadamente 7,3%.

Os CDA do extrato etéreo, determinados nesse estudo, apresentam-se inferiores aos obtidos por Barros et al. (1988) com ingredientes energéticos (92,0% a 93,6%) com a tilápia do Nilo; aos observados por Takeuchi et al. (1994), que obtiveram com a carpa capim, CDA do milho cru de 87,7% e extrusado 92,2% e, com a tilápia 97,1% e 97,8%, respectivamente. Foram inferiores, ainda, aos CDA obtidos por Hernández et al. (1994) com a carpa comum, quando a substituição do milho cru, pelo extrusado, melhorou o CDA do extrato etéreo, de 86,9% para 88,8% e, inferiores aos apresentados por Oliveira et al. (1998) com a tilápia do Nilo para a torta de dendê (92,7% a 97,8%). Entretanto, esses índices mostram-se superiores aos apresentados por De Silva et al. (1984), com a tilápia mossambica, quando da determinação da fração digestível do extrato etéreo de vários ingredientes de origem animal e vegetal, cujos coeficientes variaram entre 13,6% e 59,2%. Tendência semelhante foi ainda constatada por Pezzato et al. (1988) com tilápia do Nilo, que obtiveram para essa mesma fração, níveis que variaram de 5,9% a 19,5%.

Esses resultados demonstram que existe uma significativa ação do diâmetro da partícula alimentar na digestibilidade aparente da ração, a exemplo do observado com os CDA da matéria seca e da proteína bruta. Assim, para a obtenção de um melhor CDA para o extrato etéreo, recomenda-se que os ingredientes necessários aos péletes devam apresentar diâmetros de 1,0 e 1,5 mm para o pacu e para a tilápia do Nilo, respectivamente.

No presente estudo pode-se concluir que a digestibilidade aparente da ração é responsiva ao diâmetro da partícula alimentar e que o diâmetro mais adequado da partícula para a confecção de rações apresenta-se entre 1,0 mm e 2,0 mm para o pacu e, de 1,5 mm para a tilápia do Nilo.

Referências

- ABNT-ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023: referências bibliográficas. Rio de Janeiro, 1989. 19p.
- A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. 1984. *Official methods of analysis*. 12. ed. Washington.
- BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de fontes alimentares alternativas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO, 6, SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 5, Florianópolis-SC, Resumos... Florianópolis: ABRAq, p.428-432. 1988.
- CARNEIRO, D.J. Digestibilidade protéica em dietas isocalóricas para o tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 2, 1981, Jaboticabal. Resumos... Jaboticabal: ABRAq, p.78-80. 1981.
- CARNEIRO, D.J.; CASTAGNOLLI, N. Nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). 2. Digestibilidade aparente da proteína em dietas isocalóricas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 3, São Carlos, 1984. Resumos... São Carlos: ABRAq, p.125-131. 1984.
- CARNEIRO, D.J.; PIRES, C.T. Determinação da digestibilidade aparente da proteína e da matéria-seca dos principais alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8, Recife, 1998. Resumos... Recife: ABRAq, p.18. 1998.
- CHO, C.Y. et al. *Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development*. Ottawa: IDRC, 1985.
- DE SILVA, S.S. et al. The composition, nutritional status and digestibility of the diets of *Sarotherodum mossambicus* from nine man-made lakes in Sri Lanka. In: *Environmental Biology of Fishes*. Matara: W. Junk Publishers, v.11, n.3, p.205-219. 1984.
- FURUKAWA, A.; TSUKAHARA, H. On the acid digestion method for the determination of chromic oxide as an index substance in the study of digestibility of fish

- feed. *Bull. Jap. Soc. Scient. Fish.*, Minato, v.32, n.6, p.502-506, 1966.
- GRANER, C.A.F. *Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-difênilcarbazida*. Botucatu: Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, 1972. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas de Botucatu, Botucatu, 1972.
- HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and effects of feeding selectivity and digestibility determinations in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.66, p.163-179, 1987.
- HE, E.; WURTSBAUGH, W.A. An empirical model of gastric evacuation rates for fish and an analysis of digestion in piscivorous brown trout. *Trans. Am. Fish Soc.*, Bethesda, v.122, p.717-730, 1993.
- HERNÁNDEZ, M. *et al.* Effect of gelatinized corn meal as a carbohydrate source on growth performance, intestinal evacuation, and starch digestion in common carp. *Fish. Sci.*, Tokyo, v.60, n.5, p.579-582, 1994.
- JOBLING, M. Influences of food particle size and dietary energy content on patterns of gastric evacuation in fish: test of a physiological model of gastric emptying. *J. Fish Biol.*, London, v.30, p.229-314, 1987.
- KHAN, M.S. Apparent digestibility coefficients for common feed ingredients in formulated diets for tropical catfish (*Mystus nemurus*). *Aquacul. Fish. Manag.*, Amsterdam, v.25, n.2, p.167-174, 1994.
- LAMBERT, T.C. Gastric emptying and assimilation efficiency in Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Can. J. Zool.*, Ottawa, v.63, p.817-820, 1985.
- NG, W.K.; WEEL, L. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, Amsterdam, v.83, p.45-58, 1989.
- OLIVEIRA, A.C.B. *et al.* Coeficiente de digestibilidade aparente da torta de dendê e do farelo de coco em pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum*, Maringá, v.19, n.3, p.897-903, 1997.
- OLIVEIRA, A.C.B. *et al.* Digestibilidade aparente e efeito macro-microscópico em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) arraçoados com torta de dendê. *Braslian Journal of Animal Science*, Viçosa, v.27, n.2, p.210-215, 1998.
- OLIVEIRA, M.C.B. *et al.* Coeficiente de digestibilidade aparente da torta de dendê e tegumento de cacau em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8, Piracicaba-SP. *Resumos...* Piracicaba: ABRAq, p.59, 1994.
- PEZZATO, L.E. *et al.* Digestibilidade aparente de fontes protéicas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 5, Florianópolis-SC, *Resumos...* Florianópolis: ABRAq, p.373-378, 1988.
- STECH, M.R.; CARNEIRO, D.J. Utilização do farelo de soja e da soja integral na alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). III Digestibilidade da fração protéica. In: AQUICULTURA BRASIL'98. Recife. *Resumos...* Recife: ABRAq, p.16, 1998.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, S.H. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*. 2 ed. Auckland: McGraw-Hill International, 1984.
- SVEIER, H. *et al.* Growth, feed and nutrient utilization and gastrointestinal evacuation time in Atlantic salmon (*Salmo solar*): the effect of dietary fish meal particle size and protein concentration. *Aquaculture*, Amsterdam, v.180, p.265-282, 1999.
- TAKEUCHI, T.T. *et al.* Nutritive value of gelatinized corn meal as a carbohydrate source to glass carp and hybrid tilapia. *Fish. Sci.*, Tokyo, v.60, n.5, p.573-577, 1994.
- WATANABE, T. *et al.* Digestive crude protein contents in various feedstuffs determined with four freshwater fish species. *Fish. Sci.*, Tokyo, v.62, n.2: p.278-282, 1996.

Received on January 19, 2002.

Accepted on March 14, 2002.