Pereira Filho, M., Fonseca, F.A.L., Silva, J.A.M. e Brandão, L.V. Nutrição e boas práticas de manejo em aqüicultura1. PUBVET, V.2, N.18, Mai1, 2008.

PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.
Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=219>.

Nutrição e boas práticas de manejo em aqüicultura[1]

Manoel Pereira Filho[2*], Flávio Augusto Leão da Fonseca[3], Jorge Antonio Moreira da Silva[4] e Lian Valente Brandão[3]

[1]Palestra proferida no II Workshop Internacional sobre Qualidade de Água e Boas Práticas de Manejo para Aqüicultura em Maio/2007.

[2]Pesquisador Coordenação de Pesquisas em Aqüicultura do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia CPAQ-INPA.
[3]Doutorando em Biologia de Água Doce e Pesca Interior (BADPI/INPA)
[4]Professor Instituto de Biologia da Universidade Federal da Bahia IB-UFBA

[*] Manoel Pereira Filho (pmanoel@inpa.gov.br) é Zootecnista (UNESP/ Jaboticabal), bolsista de produtividade em pesquisa do CNPq, tem doutorado em Produção Animal (UNESP/Jaboticabal), é pesquisador do INPA - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e professor em cursos de pós-graduação do INPA e da Universidade Federal do Amazonas. Atua na área de nutrição e alimentação de peixes, atualmente dando ênfase a pesquisas com alimentos alternativos e aproveitamento de resíduos. Currículo Lattes encontrado em <http://lattes.cnpq.br/3401804314221658>.

Resumo

A maioria das espécies aquáticas sob cultivo vive e respira na água. Desta forma, a qualidade da água é determinante para o conforto das espécies sob cultivo, com reflexo direto sobre o desempenho zootécnico. Das três espécies mais importantes para a piscicultura amazônica, uma delas, o pirarucu, *Arapaima gigas*, respira fora da água, enquanto as outras duas, o tambaqui, *Colossoma macropomum* e o matrinxã, *Brycon amazonicus*, têm respiração aquática. A principal fonte de oxigênio nos tanques de cultivo é oriunda da fotossíntese realizada pelas algas, cuja biomassa deve ser mantida em níveis adequados. Deficiência de nutrientes diminui a biomassa de algas, diminuindo a fotossíntese e o suprimento de oxigênio. Excesso de nutrientes leva a superprodução de algas, acarretando vários riscos potenciais aos cultivos. Dentre os nutrientes mais importantes no ambiente aquático estão o carbono, o nitrogênio e o fósforo, elementos encontrados em diferentes concentrações nas rações dos peixes. Esta palestra teve como objetivo discutir o efeito das rações sobre a qualidade das águas de criatórios de peixes, e as alternativas que existem para minimizar este impacto.

Tambaqui, *Colossoma macropomum*, a principal espécie de peixe criada em cativeiro no estado do Amazonas.

Qualidade da água

O controle da qualidade da água é essencial para o sucesso na criação comercial de peixes. Nutrientes em níveis inadequados podem comprometer a qualidade da água afetando os parâmetros fisiológicos dos animais, resultando em comprometimento da saúde, baixos consumo de alimento e conversão alimentar, redução nos índices de sobrevivência e levando a piora no desempenho zootécnico, com prejuízo para o produtor. A qualidade de água é medida por parâmetros químicos, físicos e biológicos, dentre os quais temos a temperatura, o pH, o oxigênio dissolvido, a salinidade e a transparência da água. O monitoramento destes parâmetros tem por objetivo garantir que as condições ambientais dos sistemas de cultivo se mantenham adequadas ao bem estar dos peixes, sem variações inesperadas que venham a provocar estresse nos animais.

O oxigênio dissolvido na água é fundamental para a manutenção da vida e de um crescimento adequado. A origem do oxigênio dissolvido na água pode

ser o ar atmosférico, em função de ação do vento, ou de aeração artificial, mas nas grandes criações, a principal fonte deve ser a fotossíntese realizada pelo fitoplâncton.

Processos relacionados à entrada e saída do oxigênio da água dos viveiros de criação de peixes (Adaptado de Kubitza, 2003)

Teor ideal de oxigênio dissolvido	Preferencialmente acima de 4 mg/L
Processos de entrada de oxigênio	**(mg O_2/L)**
Fotossíntese (fitoplâncton)	5 a 20
Difusão atmosférica para a água	1 a 5
Processos de saída do oxigênio	
Respiração do plâncton	5 a 15
Respiração dos peixes	2 a 6
Respiração dos organismos no lodo	1 a 3
Difusão da água para a atmosfera	1 a 5

Além dos fatores físicos (radiação solar, temperatura), o crescimento do fitoplâncton depende da presença de diversos nutrientes, particularmente o nitrogênio, o fósforo e o carbono. Estes e outros nutrientes entram na água a partir de diversas fontes, tais como carreados de solos vizinhos por águas de enxurradas, por adubação orgânica ou química, respiração do plâncton, dos peixes e decomposição microbiana de resíduos orgânicos, no caso do carbono, e através dos alimentos fornecidos aos peixes. O excesso destes nutrientes resulta em excesso de algas as quais, durante as horas de insolação, produzem importantes alterações no ambiente aquático, tais como supersaturação de oxigênio da água, consumo do CO_2, alteração no pH que

tende a se tornar alcalino e que, segundo Kubitza (2003) quando acima de 8, é prejudicial aos peixes, entre outras razões por aumentar a concentração da forma não ionizada da amônia (resíduo metabólico da fração protéica do alimento dos peixes), a fração da amônia que é tóxica para os peixes.

Desta forma, nutricionistas de peixes têm realizado muitas pesquisas, utilizando diferentes estratégias para diminuir a introdução, particularmente do nitrogênio e do fósforo oriundos de rações, nos ambientes de criação de peixes. Estas estratégias seguem diferentes caminhos, tais como restrição na quantidade do alimento fornecido durante o cultivo, o estudo da melhor freqüência e horário de alimentação dos peixes, a busca das melhores fórmulas e dos ingredientes melhor aproveitados, alguns meios de diminuir o teor de proteína nas rações sem prejudicar a performance dos animais, inclusão de enzimas digestivas exógenas nas rações, técnicas de processamento das rações, etc., visando minimizar os efeitos das rações sobre a qualidade da água de viveiros e efluentes.

Estratégias pesquisadas

a) Nível de arraçoamento

Inúmeras publicações sobre nutrição de peixes disponíveis na literatura científica informam que os animais, durante o experimento, receberam ração *ad libitun*, ou seja, até a saciedade plena do apetite. Em termos quantitativos isto pouco significa, não dando ao leitor uma idéia de quanta ração foi introduzida no tanque.

Na prática, a maioria dos criadores prefere arraçoar os peixes com base na porcentagem da biomassa, sendo que 3% é a quantidade mais sugerida no Brasil, para peixes. No entanto, outro importante fator considerado é o estágio de cultivo da espécie, sendo que há uma diminuição do fornecimento de ração em porcentagem da biomassa presente no viveiro, à medida que os animais crescem.

Desta forma, Izel e Melo (2004) relatam quatro fases distintas de arraçoamento para tambaquis criados em viveiros escavados em terra firme no Amazonas: a primeira, chamada de recria, da recepção dos juvenis até 100 gramas, quando os peixes foram alimentados obedecendo ao consumo espontâneo, quatro vezes ao dia. As fases seguintes foram dos 100 a 800 gramas (3% da biomassa, 2 vezes/dia); dos 800 a 1000 gramas (2% da biomassa, 2 vezes/dia), e acima de 1000 gramas (1,5% da biomassa, 1 vez/dia), enquanto Melo *et al.* (2001), para a mesma espécie e região, quando criadas em viveiros de argila/barragens de igarapés, na fase de recria os juvenis receberam 4 refeições/dia, com o consumo diário variando de 5 a 10% da biomassa. Na fase de engorda, os animais foram alimentados 2 vezes ao dia, com o consumo variando de 1 a 5% da biomassa.

Izel e Melo (2004), trabalhando com matrinxã, também sugerem quatro fases de arraçoamento, sendo de 1 a 30 dias de criação (5% da biomassa, 2 vezes/dia), dos 31 aos 60 dias (3% da biomassa, 2 vezes/dia), dos 61 aos 150 dias (2% da biomassa, 2 vezes/dia) e dos 151 aos 305 dias (1% da biomassa,1vez ao dia).

Outras espécies têm diferentes níveis de ingestão de alimento. Meurer *et al.* (2005) estudaram diferentes níveis de arraçoamento para alevinos de lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax bimaculatus*), testando 1, 4, 7, 10, 13 e 16% de ração em relação ao peso vivo dos animais, usando uma ração com 30% proteína digestível e 3.000 kcal/kg de energia digestível. Os autores concluíram que o melhor nível de arraçoamento, dentre os testados à temperatura média de 25°C, foi de 11,5% do peso vivo.

b) Freqüência de alimentação

O conhecimento da taxa de consumo diário em peixes é importante para estimar a relação entre alimentação e crescimento, pressão de predação e competição intra e inter-específica (Ney, 1990). Segundo Lee *et al*. (2000), a freqüência alimentar é altamente correlacionada com o tempo de evacuação gástrica, no entanto os principais parâmetros que a influenciam são: peso do

alimento, temperatura da água, tipo e energia da dieta, fisiologia e tamanho do predador.

De um modo geral, animais menores, com uma velocidade de crescimento maior, demandam não só um volume de ração maior, bem como precisam que este volume seja dividido em um maior número de arraçoamentos. Como exemplo, temos os cultivos de tambaqui e matrinxã no Amazonas anteriormente citados (Melo *et al*., 2001; Izel e Melo, 2004), e de matrinxã (Izel e Melo, 2004).

Trabalhando com juvenis de pirarucu, *Arapaima gigas*, Gandra *et al.* (2006) testaram 4 freqüências alimentares diferentes. Os autores concluíram que dois arraçoamentos ao dia é o mais indicado, diminuindo os custos com mão de obra, e melhorando os índices zootécnicos. Dwyer *et al.* (2002), trabalhando com juvenis de linguado americano (*Limanda ferruginea*), observaram um efeito significativo da freqüência alimentar ($p<0,05$) sobre o consumo e o crescimento, observando que os peixes que foram alimentados à saciedade aparente, em duas ou quatro refeições diárias, consumiram mais ração e cresceram melhor que os peixes alimentados menos freqüentemente (uma vez/dia ou duas refeições a cada dois dias). Wang *et al.* (1998) observaram em *Lepomis cyanellus*, um melhor desempenho zootécnico quando utilizaram uma freqüência alimentar de três vezes ao dia. Já Webster *et al.* (1992), sugeriram uma freqüência alimentar de apenas uma vez por dia para *Ictalurus puntactus.* Lee *et al.*(1999) enfatizaram que o melhor ganho de peso foi atribuído à freqüência alimentar de três vezes ao dia com ração comercial para *Paralichthys olivaceus*.

c) Privação alimentar

A adoção de práticas de privação alimentar na criação de peixes, na expectativa de um crescimento compensatório, termo que define a capacidade que um animal pode ter para crescer mais rápido do que o normal, após um período de privação alimentar, para recuperar o peso do corpo original ou melhorar a taxa de crescimento, é uma estratégia que tem sido empregado

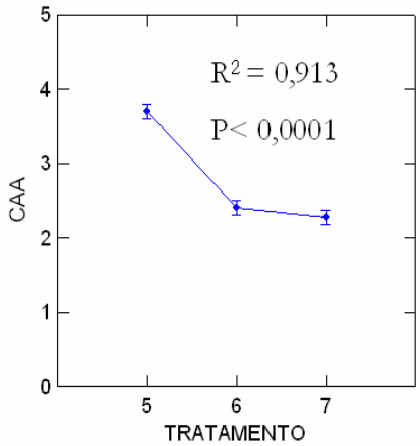
para melhorar a taxa de crescimento e ao mesmo tempo diminuir os custos de produção (Hornick *et al.*, 2000). Alguns estudos têm demonstrado que a privação alimentar pode resultar na diminuição dos estoques corporais de nutrientes para a manutenção do peixe (Quinton & Blake, 1990; Bastrop *et al*., 1991; Souza *et al*., 2000).

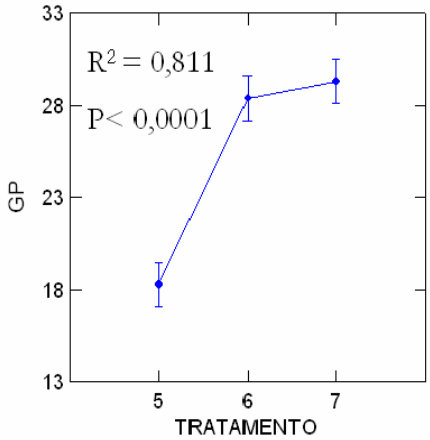
A maioria dos estudos enfatizando o crescimento compensatório utiliza espécies de água fria e são poucos os relatos com espécies de água quente (Souza *et al*., 2000; Sirol *et al.*, 2000; Wang *et al*., 2000; Xie *et al*., 2001). Por esta razão, as informações sobre respostas de peixes tropicais à privação alimentar são escassas, sendo a maioria desses estudos realizados para testar períodos de privação seguidos de realimentação para demonstrar o crescimento compensatório (Souza *et al*., 2000; Sirol *et al*., 2000; Qian *et al*., 2000). Um desses estudos demonstrou que o tambaqui exibe a compensação do crescimento total em dois meses, quando submetido à privação de 14 dias, além de apresentar a maior deposição de proteína corporal quando passou a ser alimentado à vontade (Ituassú *et al*., 2004). Santos (2007) submeteu juvenis de tambaqui com média de 50 g à restrição alimentar durante 14 dias, comparando-os com animais nas mesmas condições experimentais. Os animais que não sofreram restrição foram alimentados com as mesmas rações que os privados após a realimentação, contendo diferentes relações de energia/proteína. Os resultados mostraram que o período de 14 dias de privação está dentro do período que permite resposta compensatória. Mostrou também que nestas condições, as rações contendo 32 e 36% de PB, resultaram nas melhores performances, com a ração contendo 32% de proteína e 10,5 Kcal ED/g foi a mais econômica em termos de consumo e eficiência de utilização da proteína.

Privações sistemáticas por períodos mais curtos também tem sido testadas. Soares (2005) testou 3 freqüências semanais de alimentação (5, 6 e 7 dias de alimentação, duas vezes ao dia) para juvenis de tucunaré-paca (*Cichla* sp), e observou que alimentar os peixes apenas por 5 dias na semana compromete a performance dos animais, porém não observou diferença entre

alimentar durante 6 ou 7 dias, concluindo que desta forma pode-se economizar um dia de arraçoamento, diminuindo a entrada de matéria orgânica no tanque e os custos de mão de obra.

Soares (2005), tucunaré





	Freqüência alimentar		
Variáveis observadas	**5 dias**	**6 dias**	**7 dias**
Peso inicial	98,56 ± 7,97a	102,28 ± 10,5a	94,50 ± 7,80a
Peso final	116,84 ± 8,90a	130,65 ± 12,90a	123,79 ± 8,60a
Ganho de peso	18,29 ± 1,99b	**28,37 ± 3,05a**	**29,39 ± 3,12a**
Conversão alimentar aparente	3,70 ± 0,27a	**2,40 ± 0,18b**	**2,28 ± 0,18b**

d) Ações a nível nutricional

d.1. A digestibilidade dos nutrientes

Uma das maiores preocupações dos nutricionistas de peixes é a formulação de rações que atendam às necessidades dos peixes. Se por um lado rações com baixos teores de nutrientes comprometem o crescimento dos peixes, rações com nutrientes acima das necessidades levam ao desperdício do ponto de vista econômico – os nutrientes em excesso, como a proteína, podem ser utilizados em outras funções que não sua finalidade primeira, a formação de músculo - e a prejuízos ambientais, elevando a liberação de resíduos metabólicos que comprometem a qualidade da água.

Para se formular uma boa ração, esta deve atender às necessidades dos peixes e resultar em máximo aproveitamento da mesma, com mínima produção de resíduos metabólicos. Segundo Cho (1987), conhecer a digestibilidade dos nutrientes é o primeiro cuidado quando se pretende usá-lo em uma dieta para peixes. A digestibilidade de uma ração, uma função da qualidade e da digestibilidade dos seus ingredientes, é um fator primordial em uma criação de peixes. Alimentos não digeridos representam perda econômica, uma vez que atrasam o crescimento dos peixes, independente de quanto custem, e aumentam a produção de fezes, elevando a carga de nutrientes liberadas no tanque. De acordo com Hepher (1988), os principais fatores que afetam a capacidade dos peixes de digerir os alimentos são: a) espécie, b) idade, c) condições fisiológicas, d) temperatura da água, e) salinidade, f) composição do alimento, g) quantidade de alimento ingerido e h) tamanho da partícula. Desta forma, inúmeros pesquisadores vêm estudando a digestibilidade de vários ingredientes para diferentes espécies de peixes.

Rychly & Spannhof (1979), trabalhando com rações para truta à base de caseína-gelatina contendo 3 níveis de amido cru de batata (9, 26 e 53%) e três níveis de proteína (74, 58 e 32%), observaram digestibilidade da proteína acima de 97%. Esta digestibilidade foi menor quando se elevaram os níveis de carboidrato e se diminuiu a proteína.

Wang *et al.* (1985) avaliaram o efeito da inclusão de celulose em rações de tilápia do Nilo em dietas com diferentes níveis de proteína e energia, e observaram que, em média, a digestibilidade da proteína, carboidrato e extrato etéreo foi maior que 90%, e observaram também um efeito negativo do teor de fibra bruta sobre o consumo do alimento e a digestibilidade dos carboidratos.

Ng & Wee (1989) estudaram o potencial da folha de mandioca como fonte protéica em rações peletizadas para a tilápia do Nilo, observando coeficientes da digestibilidade aparente de 18,2% para proteína bruta de folhas úmidas.

Estudos realizados por Khan (1994), com o bagre tropical (*Mistus nemorus*) sobre a digestibilidade de seis ingredientes, resultaram nos seguintes valores para as frações proteína bruta, matéria seca e energia bruta: farinha de peixes, 97,8%, 97,0% e 77,8%; farinha de soja, 86,0%, 95,5% e 67,8%; farelo de arroz, 81,0%, 85,8% e 67,9%; farinha de amêndoa de coco, 79,9%, 86,0% e 89,0%; fubá de milho, 51,9%, 49,0% e 63,4% e para a farinha de vísceras de frango, 37,0%, 29,0% e 52,0%.

Pesquisas desenvolvidas com tilápia do Nilo por Oliveira *et al.* (1994), avaliaram a digestibilidade aparente para a matéria seca e proteína bruta da torta de dendê (70,3% e 91,5%) e do tegumento de cacau (64,5% e 62,9%).

Estudando a digestibilidade de diferentes ingredientes pela tilápia do Nilo, Watanabe *et al.*(1996) observaram os seguintes índices de digestibilidade: farinha de filé de peixe (92,2%), farinha comercial de peixe (92,6%), farinha de carne (96,2%), polpa do bicho da seda (91,1%), glúten de milho (90,7%), farelo de soja (90,9%), gérmen de trigo (95,5%), farelo desengordurado de arroz (88,3%) e farelo de trigo (93,7%).

Oliveira *et al.* (1997), trabalhando com o pacu, determinaram a capacidade desta espécie em aparentemente digerir os nutrientes oriundos dos frutos de duas palmáceas, registrando os seguintes coeficientes de digestibilidade para torta de dendê e do farelo de coco: 54,80% a 72,63% (matéria seca); 75,16% a 83,35% (proteína bruta); 88,98% a 97,56%

(extrato etéreo); 0% a 38,77% (fibra bruta) e 74,60% a 87,42% (matéria mineral).

Degani *et al.* (1997), trabalhando com carpa comum, determinaram a digestibilidade aparente de alguns ingredientes, com os seguintes resultados para as frações protéicas e energéticas: farinha de peixe (83,8% e 93,4%); farelo de soja (69,8% e 74,7%); farinha de vísceras de aves (47,2% 63,9%).

Os coeficientes de digestibilidade aparente de vários ingredientes obtidos para o salmão "coho" e a truta arco-íris por Sugiura *et al.* (1998) mostram que estas duas espécies têm elevada capacidade de aproveitar os nutrientes de vários ingredientes de origem animal e vegetal. Os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta e a disponibilidade de minerais foram os seguintes: farinhas de arenque (94,7% e 94,6%), de anchova (91,4% e 93,7%), de vísceras de aves (94,2% e 95,9%), de penas (79,7% e 85,9%) e de trigo (98,3% e 100,00%), o farelo de soja (93,0% e 90,1%), glúten de trigo (96,6% e 100,0%), glúten de milho (91,9% e 97,3%) e o trigo descortiçado (86,3% e 90,7%).

Sallum *et al.* (2002) estudaram a digestibilidade de ingredientes incluídos em ração do matrinxã, e observaram os maiores coeficientes de digestibilidade aparente ($P<0,05$) da matéria seca para os ingredientes milho (52,3%), farelo de trigo (54,0% e farinha de peixe (54,5%). Os CDAs da proteína bruta foram maiores para os ingredientes farelos de trigo (83,8%), de soja (90,5%) e para a farinha de peixe (88,7%). Em relação ao extrato etéreo, a farinha de peixe apresentou o maior CDA (67,7%).

Pezzato *et al.* (2002) estudaram a digestibilidade aparente de diversos ingredientes de origem animal e vegetal, por juvenis de tilápia do Nilo, e observaram que o milho, dentre os ingredientes energéticos, foi o mais digestível, seguido do milho extrusado, farelo de trigo e o farelo de arroz. Dentre os ingredientes protéicos de origem vegetal, o glúten 60, o glúten 21 e o farelo de canola foram os melhor digeridos, enquanto dentre os ingredientes protéicos de origem animal, as melhores foram a farinha de vísceras de aves,

seguida da farinha de peixes, enquanto farinha de penas e farinha de sangue apresentaram os piores resultados em termos de digestibilidade.

Gonçalves e Carneiro (2003) avaliaram a digestibilidade da proteína e da energia de 12 dos principais ingredientes de origem vegetal e animal, utilizados em dietas práticas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). As maiores digestibilidades das frações protéica e energética foram obtidas com a farinha de peixe (84,18% e 72,80%, respectivamente) e as menores, para a farinha de sangue (10,47% e 16,08%).

d.2. Métodos de processamento das rações

Além da digestibilidade, é muito importante que haja um ótimo equilíbrio entre os nutrientes, de forma que satisfaçam a espécie em cultivo (Hepher, 1988), atendendo os níveis protéicos e energéticos, bem como as necessidades em aminoácidos e ácidos graxos essenciais.

O método usado para o processamento das rações é outro fator muito importante tanto do ponto de vista nutricional quanto ambiental, daí as rações fareladas evoluíram para as rações peletizadas e hoje grande parte dos cultivos se dá com o uso de rações extrusadas. Vejamos as vantagens e desvantagens destas metodologias.

Há algumas décadas a ração farelada era a forma predominante no cultivo da maioria das espécies de peixes. Este processamento, apesar de ser o mais barato e menos exigente em termos de equipamentos, era desastroso sob qualquer ponto de vista. As rações eram formuladas e os ingredientes eram apenas misturados, de forma manual ou com o uso de misturadoras mecânicas, como ainda ocorre no preparo de rações para algumas espécies terrestres, particularmente pelo pequeno produtor. No exato momento em que a forma farelada do alimento caía na água, os seus constituintes se separavam, formando um gradiente de nutrientes, com os ingredientes de maior densidade afundando mais rapidamente, os intermediários ficando ä meia água, e os mais leves mais na superfície. Desta forma, por melhor que fosse a formulação da ração, sempre o peixe ia comer mais ou menos um

determinado nutriente em detrimento a outro, de acordo com o local onde fosse tomar seu alimento, e desta forma, todo o trabalho de formulação de ração perdia o sentido. Por outro lado, era impossível se estimar as perdas, e com certeza muita matéria orgânica que era introduzida no tanque com o objetivo de alimentar os peixes, serviam na verdade de adubo cuja decomposição roubava oxigênio da água e provocando eutrofização, comprometendo a qualidade do ambiente aquático.

A peletização foi a solução encontrada para o problema de manter juntos os ingredientes da dieta. Desta forma, em um mesmo grânulo de uma ração devem ser encontrados todos os nutrientes de que os animais precisam. Este processamento, que consiste na introdução de uma mistura de todos os ingredientes de uma fórmula de ração previamente bem misturados, em uma máquina peletizadora, cuja peça principal é um cilindro com uma rosca interna que empurra sob pressão os ingredientes para uma saída, onde tem uma matriz, cujas perfurações determinam o diâmetro dos grânulos da ração. Existem peletizadoras com capacidades muito distintas, desde as pequenas, para uso direto pelos produtores, até as peletizadoras de grande porte, usadas nas indústrias.

Uma alternativa muito usada em pequenas propriedades é o uso de máquinas de moer carne para peletizar ração. Apesar de fácil e barato, os peletes produzidos em moedor de carne tem menor estabilidade na água e produz "finos" em excesso.

O maior problema deste processamento é que a ração produzida tem alta densidade, afundando tão logo cai na água. Muitas espécies de peixes, como o tambaqui e o matrinxã, comem a maioria da sua refeição tão logo são alimentados, mas é difícil se saber exatamente quando os peixes param de se alimentar, havendo sempre o risco de se fornecer mais alimento do que os peixes vão aceitar, e as sobras não mais serem ingeridas, servindo apenas como elemento eutrofizante do tanque. Outro problema é que boa parte do alimento que é contabilizado como aparentemente consumido não o foi,

aumentando os valores de conversão alimentar aparente, e os custos de produção.

A extrusão termoplástica é o método de processamento de rações atualmente mais em uso, que trouxe inúmeras vantagens para os produtores. Basicamente consiste, como no caso da peletização, da passagem de misturas de ingredientes através de um tubo (canhão de extrusão) com uma rosca sem fim interna. A diferença é que na extrusão a pressão interna é mais elevada, provocando forte atrito entre os ingredientes e a parede do canhão, desta forma elevando a temperatura interna a níveis que permitem o cozimento do amido que, gelatinizado, permitirá a produção de peletes mais estáveis, com menos "finos", e ainda tendo seus coeficientes de digestibilidade elevados. Outra conseqüência é que os ingredientes ao se livrarem repentinamente da elevada pressão interna ao saírem do canhão, sofrem um processo de expansão (daí o nome "peletes expandidos"), permitindo que flutuem na água, desta forma permitindo ao criador saber o exato momento que seus peixes pararam de comer.

A principal desvantagem deste processo é a necessidade do controle da temperatura interna. Temperaturas demasiado elevadas podem comprometer a disponibilidade de algumas vitaminas, necessitando que as mesmas sejam fornecidas em quantidades acima das necessárias, para garantir que haja disponibilidade suficiente na ração, e/ou em formas que permitem às vitaminas serem mais resistentes ao calor. As proteínas também devem ser protegidas do calor mais elevado.

De todas as formas de processamento de ração, a extrusão termoplástica, por melhorar a digestibilidade, permitir o controle visual do consumo de ração, evitando perdas, proporcionando um cálculo da conversão alimentar mais preciso, e por sua maior estabilidade na água, é o processamento que resulta em menor impacto ambiental.

d.3. Uso de enzimas digestivas

Com o desenvolvimento da biotecnologia, várias enzimas digestivas exógenas passaram a ser produzidas industrialmente a partir de cepas de fungos e bactérias. Estudos com aves e suínos mostraram que estas enzimas ajudam a elevar os índices de digestibilidade dos nutrientes das rações, sendo vantajoso seu uso, mesmo em porcentagens muito pequenas. O uso destas enzimas exógenas ainda é mais difundido na alimentação de suínos (Bedford, 2000), aves (Garcia, 2000; Tejedor *et al*., 2001; Fischer (2002) e coelhos (Yu & Tsen, 1993; Dias, 1999; Santiago, 2001). Segundo Yin *et al*. (2001), o uso de enzimas exógenas na alimentação de aves e suínos reduz a síntese de enzimas endógenas, o que disponibiliza mais aminoácidos para a síntese protéica. Em estudos com aves, Zanella *et al.* (1999) concluíram que a dieta à base de milho suplementada com amilase reduziram a síntese desta enzima em 23,4%. Entretanto, são escassas na literatura as informações sobre a utilização de enzimas exógenas em dietas para peixes.

Segundo Guenter (2002), dentre as principais metas da suplementação enzimática para aves e suínos destacam-se a remoção ou destruição de fatores antinutricionais de grãos; aumentar a digestibilidade da ração; potencializar a ação das enzimas endógenas e diminuir a poluição ambiental causada por nutrientes excretados nas fezes. Enzimas também têm sido utilizadas com o objetivo de incorporar matérias primas de menor qualidade às rações de animais domésticos (Nery *et al*., 2000) e peixes (Ng *et al*., 2002), propiciando menor impacto causado por dejetos e aproveitamento de ingredientes disponíveis a cada região.

Em tempos mais recentes, os nutricionistas de peixes passaram a ver nestas enzimas uma alternativa para o melhor aproveitamento dos alimentos, notadamente aqueles de origem vegetal, de mais difícil digestão. Segundo Silva *et al.* (2007), rações com enzimas digestivas exógenas propiciam alta eficiência de aproveitamento do alimento pelos peixes, resultando em menor produção de dejetos e diminuindo o potencial poluente da atividade.

Alguns estudos já foram desenvolvidos com o tambaqui, nesta área, propiciando informações sobre o perfil de enzimas digestivas endógenas, como a atividade da amilase (Kohla *et al*., 1992), atividade e purificação de proteases (Bezerra, 2000), padrões de atividade específica envolvendo amilase, maltase, protease ácida, tripsina e quimiotripsina (Toniolo, 2001) e estudo da variação circadeana das atividades da amilase, maltase, protease e lipase (Vásquez, 2001), efeito positivo da adição de protease, amilase e lípase, sobre parâmetros zootécnicos (Nunes *et al*., 2006), e estudo do efeito de complexo enzimático sobre a digestibilidade de nutrientes e energia da ração (Silva *et al.,* 2007). Também já foram feitos estudos com o pirarucu, a respeito do efeito da inclusão de enzimas digestivas em suas dietas, tanto na forma de complexo enzimático quanto com enzimas isoladas. Os autores observaram efeito positivo desta inclusão em todos os testes realizados (Bordinhon, 2003; Cavero, 2004; Fonseca, 2004).

Uma enzima digestiva exógena que vem ganhando destaque na nutrição dos monogástricos em função da carga poluente que as rações destes animais podem provocar no meio ambiente terrestre ou aquático é a fitase, com estudos que indicam sua ação tanto no aproveitamento do fosfato orgânico de natureza vegetal (fitatos), quanto na digestibilidade de outros nutrientes, como a proteína e os carboidratos.

Segundo Bock *et al.* (2006), o crescimento e a intensificação da piscicultura nos últimos anos têm despertado o interesse sobre o impacto provocado ao ambiente. O fósforo e o nitrogênio são fundamentais na eutrofização de água doce. O fósforo, inclusive, tem sido considerado o principal nutriente que polui os ambientes aquaculturais. A criação de peixes enriquece o ambiente com os dejetos do metabolismo do alimento artificial, assim como dos fertilizantes orgânicos. Altos níveis de alimentação resultam em acúmulo de dejetos, o que altera o balanço do ecossistema, principalmente em razão da multiplicação do fitoplâncton, proporcional à quantidade de dejetos lançados.

Os ingredientes de origem vegetal podem conter até 70% do seu fósforo na forma de fitatos (Furuya *et al.,* 2004), ou até 81,00%, segundo Riche e Brown (1996). O fitato pode se complexar com cátions, proteínas, lipídeos e amido (Cheryan, 1980), indisponibilizando parte destes nutrientes para os peixes. A mucosa intestinal dos monogástricos não dispõe da enzima fitase, necessária para aproveitar o fósforo orgânico, na forma de fitato.

Por outro lado, Ludke *et al.* (2002) afirmam que o fósforo fítico, por ser de baixa disponibilidade para os não-ruminantes, juntamente com o excesso de fosfato inorgânico adicionado às rações é eliminado nas fezes dos animais. Isso é motivo de um alto índice de poluição ambiental em áreas de alta concentração de suínos e aves.

Poucas são as informações sobre a utilização de fitase em rações para peixes tropicais. A adição dessa enzima pode permitir a maior inclusão dos ingredientes de origem vegetal e reduzir a inclusão de fontes inorgânicas de P. Esse nutriente é um dos principais responsáveis pela eutrofização, necessitando medidas para reduzir sua concentração no meio aquático, que pode ser obtida pela melhor utilização do P fítico pelos peixes (Furuya *et al*., 2004).

A inclusão de fitase em rações contendo altos níveis de ingredientes vegetais pode reduzir a necessidade da adição de fósforo inorgânico às dietas e, conseqüentemente, a descarga desse mineral nos efluentes da piscicultura (Stilborn, 1998; Bock *et al*., 2006).

A fitase melhora também a eficiência de utilização dos nutrientes, dentre eles a proteína, a energia e os minerais, entretanto pouca atenção tem sido dada ao uso dessa enzima para aumentar a digestibilidade de outros nutrientes que não os minerais (Gonçalves *et al*., 2004). No entanto, Gonçalves *et al*. (2004) afirmam que alimentos de origem vegetal respondem à presença da enzima fitase de forma diferenciada. Os valores digestíveis da matéria seca, da proteína bruta e energia bruta dependem do valor biológico dos alimentos, da concentração e da natureza do fitato e do nível de suplementação de enzima

Diversos autores estudaram a suplementação de rações de peixes e outros animais com níveis diferentes de fitase, obtendo na maioria dos casos, resultados positivos. Ludke *et al.* (2002) estudaram o efeito da inclusão de 4 níveis de fitase em rações de suínos com dois níveis protéicos (18 e 16%) tentando reduzir os níveis de nitrogênio, fósforo e cálcio nas fezes. Foi observado um aumento na biodisponibilidade dos nutrientes avaliados ao ser adicionado fitase nos níveis entre 421 e 466UF/kg da dieta. Bock *et al.* (2006) determinaram a digestibilidade aparente dos nutrientes de rações formuladas com ingredientes de origem vegetal, adicionados de oito níveis diferentes de fitase, por juvenis de tilápia-do-Nilo, e concluíram que a inclusão de 1.500 UF melhorou a digestibilidade da MS e da EB e a disponibilidade de cálcio e fósforo das rações, enquanto o nível de 1.000 UF melhorou a disponibilidade de zinco e manganês. Furuya *et al.* (2004) avaliaram a influência de 5 níveis de fitase sobre o desempenho da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) no período de reversão de sexo. Os autores não observaram efeitos da fitase sobre o ganho de peso e taxa de sobrevivência, mas observaram que o aumento dos níveis de fitase elevou a retenção de cálcio e de fósforo na carcaça, concluindo que o nível de 1990 unidades fitase/kg de ração foi o que apresentou os melhores resultados.

d.4. Diminuição da proteína da ração

O fornecimento de rações com níveis protéicos mais baixos que os recomendados na literatura, compensado com um reforço de alguns aminoácidos essenciais, notadamente lisina e metionina, tem sido testado para peixes e animais terrestres, visando a diminuição dos teores de nitrogênio nas fezes destes animais.

Uma divulgação da Embrapa/CNPSA (2005) informa que rações de suínos com 1% a menos de proteína bruta, reduzem em 10% os níveis de nitrogênio nos dejetos. Diminui, também, em 30%, a presença de fósforo nas fezes e interfere na geração de metano, relacionado com o aquecimento global.

Segundo Zangeronimo *et al.* (2007), ao reduzir em duas unidades percentuais a quantidade de proteína bruta na ração para suínos, adicionando 19% a mais no teor de lisina, é estimada uma redução de 20 a 25% de excreção de nitrogênio nos dejetos.

Relandeau *et al*., (2000) sugere que se reduzam os níveis protéicos das dietas de suínos, evitando o fornecimento excessivo de aminoácidos não-essenciais aos animais. Esta mesma fonte apresenta uma tabela resumindo os resultados obtidos em diferentes pesquisas sobre este tema, apresentada a seguir.

Resumo de vários experimentos sobre o efeito da diminuição de um ponto percentual no teor de proteína de rações de suínos (Relandeau *et al.*, 2000).

	Efeito de 1 ponto de redução da proteína dietética	Uso de dietas de baixa proteína	
		Efeito acumulado freqüente	Melhor efeito acumulado
Excreção total de nitrogênio	- 10%	- 25%	- 50%
Teor de amônia nos dejetos	- 10%	- 30%	- 50%
pH dos dejetos	-	- 0,5 pontos	- 1 ponto
Emissão de amônia no ar	- 10%	- 40%	- 60%
Consumo de água	- 2-3%	- 10%	- 28%
Volume de dejetos	- 3-5%	- 20%	- 30%

Na aqüicultura, esta estratégia vem sendo testada com várias espécies de peixe. Assim, Cheng *et al.* (2003) trabalhando com truta arco-íris, concluíram que diminuindo a quantidade de proteína bruta de 42% para 37%, a excreção total de amônia decaiu 12%. Substituindo a proteína animal por vegetal, o nível de amônia total diminui em 28%. Neste mesmo trabalho, foi testada também a suplementação de lisina de 1,5% para 2,25% na dieta contendo proteína vegetal, observando-se um decréscimo de 26% na descarga de amônia.

Muñoz-Ramírez e Carneiro (2002), estudando os efeitos da suplementação de metionina ou lisina em dietas com baixo teor protéico para o crescimento do pacu *Piaractus mesopotamicus*, com peso médio inicial de 14,98 g, alimentados com uma dieta basal contendo 22% de proteína bruta, 4100kcal de energia bruta/kg, 0,42% de metionina e 1,16% de lisina e outras 6 dietas, com a mesma formulação básica, suplementadas com 0,2, 0,4 ou 0,6% de metionina ou lisina, e uma dieta controle contendo 26% PB, 4100kcal EB/kg, 0,48% metionina e 1,43% de lisina, observaram que o ganho em peso, a eficiência de retenção de energia bruta e dos consumos alimentares da dieta controle mostraram-se maiores ($P<0,05$) que as das dietas de menor teor protéico. As médias de eficiência de retenção de proteína bruta só foram maiores ($P<0,01$) nas dietas suplementadas com lisina, mostrando as vantagens da suplementação com lisina em dietas com baixo teor de proteína bruta. Foi confirmado um maior desenvolvimento do pacu com dietas com 26% de PB.

Brandão (2006) estudou os efeitos da redução de níveis protéicos, compensados pela suplementação com lisina e/ou metionina, sobre o desempenho e excreção de amônia por juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) com peso médio de 64,5g. Os animais foram alimentados com rações contendo 2 níveis protéicos (25% e 20%) e 4 níveis de inclusão de aminoácidos ((a) 0% de suplementação, b) DL-Metionina (3% da PB), c) L-lisina (5% da PB) e d) Dl-Metionina (3% da PB) + L-lisina (5% da PB). Não foram observados efeitos significativos ($p>0,05$) dos níveis protéicos sobre o ganho de peso, conversão alimentar, taxa de crescimento específico e utilização líquida de proteína, com exceção da taxa de eficiência protéica, que apresentou melhora nos tratamentos com 20% de PB. Os tratamentos suplementados com lisina apresentaram melhores resultados ($p<0,05$) para todos os índices zootécnicos testados. A inclusão de metionina não proporcionou melhora para estes parâmetros. A excreção de amônia total diminuiu 28,4% quando o teor protéico foi reduzido de 25% para 20%, porém não foi encontrada uma correlação significativa entre a suplementação de

lisina e/ou metionina sobre o nível de excreção de amônia. Segundo este autor, seus resultados sugerem uma estratégia alternativa para diminuição do impacto ambiental em sistemas de cultivo intensivo o tambaqui.

Considerações finais

Na aqüicultura, BPM em termos de nutrição significa fornecer aos peixes o mínimo de ração que atenda suas necessidades, e que se faça uso de ração com a melhor qualidade nutricional possível, tanto em termos de conteúdo quanto de equilíbrio de nutrientes, e que a digestibilidade destes nutrientes seja máxima, com mínima contribuição à eutrofização das águas do criatório.

Referências Bibliográficas

Bastrop, R.; Spangenberg, R.; Jürss, K. 1991. Biochemical adaptation of juvenile carp (*Cyprinus carpio* L.) to food deprivation. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 98:143-149.

Bedford, M.R. 2000. Exogenus enzymes in monogastric nutrition their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, 86: 1-13.

Bezerra, R.S. 2000. *Proteases digestivas no tambaqui (Colossoma macropomum, Cuvier, 1818).* Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco. 136pp.

Bock, C.L.; Pezzato, L. E. ; Cantelmo, O.A.; Barros, M.M. 2006. Fitase e digestibilidade .aparente de rações pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia,* 35(6):2197-2202.

Bordinhon, A.M. 2004. *Suplementação de amilase e solubilidade de amido na digestibilidade da ração para pirarucu, Arapaima gigas*. Dissertação Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 30pp.

Brandão, F. R.; Gomes, L.C.; Chagas, E. C. 2006. Respostas de estresse em pirarucu (*Arapaima gigas*) durante práticas de rotina em aqüicultura. *Acta Amazonica,* 36(3):343-350.

Cavero, B.A.S. 2004. *Uso de enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de pirarucu, Arapaima gigas (Cuvier, 1829).* Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas. Manaus, Amazonas. 79pp.

Cheng, Z.J.; Hardy, R.W.; Usry, J.L. 2003. Plant protein ingredients with lysine supplementation reduce dietary protein level in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets, and reduce ammonia nitrogen and soluble phosphorus excretion. *Aquaculture*, 218:553-565.

Pereira Filho, M., Fonseca, F.A.L., Silva, J.A.M. e Brandão, L.V. Nutrição e boas práticas de manejo em aqüicultura1. PUBVET, V.2, N.18, Mai1, 2008.

Cheryan, M. Phytic acid interactions in food systems. 1980. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 13(4): 297-335.

Cho, C.H. 1987. La energia en la nutrición de los peces. *In*: J. Espinosa de los Monteros y U. Labartap (Eds.). *Nutrición en cuicultura II*. Madrid-España:.197-237.

Degani, G.; Viola, S.; Yehuda, M. 1997. Apparent digestibility coefficient of protein sources for carp (*Cyprinus carpio). Aquaculture Research*, 28: 23-28.

Dias, J.C.C.A. 1999. Níveis decrescentes de proteína em dietas suplementadas com complexo enzimático para coelhos em crescimento. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais. 89pp.

Dwyer, K.S.; Brown, J.A.; Parrish, C.; Lall, Santosh P. 2002. Feeding frequency affects food consumption, feeding pattern and growth of juvenile yellowtail flounder, *Limanda ferruginea. Aquaculture*, 213: 279-292.

Embrapa/CNPSA 2005. Suinocultura já dispõe de tecnologias para produzir rações menos poluentes. (http://www.cnpsa.embrapa.br/?ids=&idn=624). Acesso: 31/03/2008.

Fischer, G.; Maier, J.C.; Rutz, F.; Bermudez, V.L. 2002.Performance of broilers fed corn soybean meal based diets, with or without inclusion of enzymes. *Revista Brasileira de Zootecnia,* 31:402-410.

Fonseca, F.A.L. 2004. *Substituição de farinha de peixe por proteína de origem vegetal com adição de protease exógena na digestibilidade de ração para juvenis de pirarucu (Arapaima gigas).* Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 41pp.

Furuya, W. M.; Neves, P.R.; Silva, L.C.R. da ; Botaro, D.; Hayashi, C.; Sakaguti, E.S. 2004. Fitase na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante o período de reversão de sexo. *Acta Scientiarum*, 26(3):299-303.

Gandra, A.L.; Ituassú, D.R.; Pereira-Filho, M. ; Roubach, R.; Crescëncio, Roger; Cavero, B.A.S. 2007. Pirarucu growth under different feeding regimes. *Aquaculture International*, 15: 91-96.

Garcia, E.R.M.; Murakami, A.E.; Branco, A.F.; Furlan, A.C.; Moreira, I. 2000. Efeito da suplementação enzimática em rações com farelo de soja e soja integral extrusada sobre a digestibilidade de nutrientes, o fluxo de nutrientes na digesta ileal e o desempenho de frangos. *Rev. Bras. Zootec*., 29(5): 1414-1426.

Gonçalves, E. G.;Carneiro, D. J. 2003. Coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e energia de alguns ingredientes utilizados em dietas para o pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, 32(4): 779 – 786.

Gonçalves, G.S.; Pezzato, L.E.; Barros, M.M.; Hisano, H.; Freire, E. de S; Ferrari, J. E. C. 2004. Digestibilidade aparente e suplementação de fitase em alimentos vegetais para tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum*, 26(3): 313-321.

Guenter, W. 2002. Pratical experience with the use of enzymes. (http//www.idrc.ca/books/focus/821/chp6.html). Acesso: 05/09/2004.

Hepher, B. 1988. *Nutrition of pond fishes*. New York: Cambridge,University Press, 388p.

Pereira Filho, M., Fonseca, F.A.L., Silva, J.A.M. e Brandão, L.V. Nutrição e boas práticas de manejo em aqüicultura1. PUBVET, V.2, N.18, Mai1, 2008.

Hornick, J.L.; Van Eenaeme, C.; Gérard, O.; Dufrasne, I.; Istasse, L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domestic Animal Endocrinology*, 19: 121-132.

Ituassú, Daniel Rabello; Santos, Gin Robson Santos dos; Roubach, Rodrigo; Pereira Filho, M. 2004. Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 39(12):1199-1203.

Izel, A.C.U.; Melo, L.A.S. 2004. Criação de tambaqui (Colossoma macropomum) em tanques escavados no estado do Amazonas. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental -Documentos, 32, 19p.

Khan, M.S. 1994.Apparent digestibility coefficients for common feed ingredients in formulated diets for tropical catfish (*Mystus nemorus*). *Aquacul. Fish. Manage.,* 25 (2): 167-174.

Kohla, U.; Saint-Paul, U.; Friebe, J.; Wernicke, D.; Hilge, V.; Braum, E.; Gropp, J. 1992. Growth, digestive enzyme activities and hepatic glycogen levels in juvenile *Colossoma macropomum* Cuvier from South America during feeding, starvation and refeeding. *Aquaculture and Fisheries Management*, 23: 189-208.

Kubitza, F. 2003. *Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões*. 1a. Edição 2003; 229p.

Lee, M. S.; Cho, S. H.; Kin, K. D. 2000. Effects of dietary protein and energy levels on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichtys olivaceus. Journal World Aquaculture,* 31:306 – 315.

Lee, M.S.; Seo, C.H.; Cho, Y.S. 1999. Growth of the juvenile olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) fed the diets at different feeding frequencies. *Journal of Korean Fisheries Society*, 32:18-21.

Ludke, M. do C.M.M.; López, J.; Ludke, J.V. 2002. Fitase em dietas para suínos em crescimento: (i) impacto ambiental. *Ciência Rural*, 32 (1): 97-102.

Melo, L.A.S.; Izel, A.C.U.; Rodrigues, F.M. *Criação de tambaqui (Colossoma macropomum) em viveiros de argila/barragens no Estado do Amazonas*. Manaus: Embrapa-CPAA, 2001. 30p.

Meurer, F.; Hayashi, C.; Boscolo, W.R.; Schamber, C.R.; Bombardelli, R.A.. 2005. Fontes Protéicas suplementadas com aminoácidos e minerais para a tilápia do Nilo durante a reversão sexual. *Revista Brasileira de Zootecnia-Brazilian- Journal of Animal Science*, 34(1):1-6.

Muñoz-Ramírez, A. P. ; Carneiro, D. J. 2002. Suplementação de lisina e metionina em dietas com baixo nível protéico para o crescimento inicial do pacu, *Piaractus mesopotamicus*. *Acta Scientiarum – Animal Sciences*, 24(4):909-916.

Nery, V.L.H.; Lima, J.A. F.; Nelo, R.C.A. 2000. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 Kg de peso. *Rev. Bras. de Zootec.,* 29(3):794-802.

Ney, J. J. 1990. Trophic economics in fisheries: assessment of demand-supply relatioships between predators and prey*. Reviews in Aquatic Sciences*, 2:55-81.

Ng, W.K.; Wee, L. 1989. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. *Aquaculture*, 83: 45-58.

Pereira Filho, M., Fonseca, F.A.L., Silva, J.A.M. e Brandão, L.V. Nutrição e boas práticas de manejo em aqüicultura1. PUBVET, V.2, N.18, Mai1, 2008.

Ng, W-K.; Lim, H-A.; Lim, S-L.; Ibrahim, C-O. 2002. Nutritive value of palm kernel meal pretreated with enzyme or fermented with *Trichoderma koningii* (Oudemans) as a dietary ingredient for red hybrid tilapia (*Oreochromis* sp.). *Aquaculture Research,* 33:1199-1207.

Nunes, E.S.S.; Cavero, B.A.S.; Pereira-Filho, M.; Roubach, R. 2006. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. *Pesq. agropec. bras*., 41(1):139-143.

Oliveira, A.C.B., Cantelmo, O.A., Pezzato, L.E., Ribeiro, M.A.R., Barros, M.M. 1997. Coeficiente de digestibilidade aparente da torta de dendê e do farelo de coco em pacu *(Pieractus mesopotamicu*s). *Revista UNIMAR*, 19:3, 897-903.

Oliveira, M.C.B.; Barros, M.M.; Pezzato, L.E.; Del Carratore, C.R. 1994. Coeficiente de digestibilidade aparente da torta dendê e tegumento de cacau em tilápia do Nilo (Oreochromis niloticus). *In: SIMBRAq - VIII Simpósio Brasileiro de Aquicultura. Piracicaba-SP. Resumos,* p.59.

Pezzato E. P.; Miranda E. P; Barros M.M.; Quintero Pinto L.G.; Furuya W.M.; Pezzato A.C. 2002. Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus). Revista. Brasileira. Zootecnia.*, 31(4):1595-1604.

Qian, X.; Cui, Y.; Xiong, B.; Yang, Y. 2000. Compensatory growth, feed utilization and activity in gibel carp, following feed deprivation. *Journal of Fish Biology*,56:228-232.

Quinton, J. C.; Blake, R. W. 1990. The effect of feed cycling and ration level on the compensatory growth response in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss. Journal of Fish Biology*, 37(1):33-41.

Relandeau, C.; Van Cauwenberghe, S.; Le Tutour, L. 2000. Prevenção da poluição por nitrogênio na criação de suínos através de estratégias nutricionais. São Paulo: *Relandeau et al., Biolatina - Informativo Técnico*, 9:1-12.

Riche, M.; Brown, P.B. 1996. Availability of phosphorus from feedstuffs fed to rainbow trout, (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*,142:269-282.

Rychly, J.; Spannhof, L. 1979. Nitrogen balance in trout. 1. Digestibility of diets containing varying levels of protein and carbohydrates. *Aquaculture*, 16: 39-46.

Sallum , W.B.; Bertechini, A.G.; Cantelmo O. Â.; Pezzato L. E.; Logato, P. R. V. 2002. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo de ingredientes de ração para o matrinchã (*Brycon cephalus*, GÜNTHER 1869) (TELEOSTEI, CHARACIDAE). *Ciênc. agrotec*., 26(1):174-181.

Santiago, G.S. 2001. *Suplementação enzimática a dietas com diferentes teores e fontes de proteína para coelhos em crescimento.* Tese de doutorado, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, Minas Gerais. 98pp.

Santos, L. 2007. *Efeito da Relação Energia/ Proteína para Juvenis de Tambaqui (Colossoma macropomum) após a Privação Alimentar*. Dissertação (Mestrado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas.

Silva, J. A. M.; Pereira Filho, M.; Cavero, B.A.S.; Pereira, M.I.de O. 2007. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de ração suplememntada com enzimas digestivas exógenas

para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). *Acta Amazonica*, 37:155-162.

Sirol, R.N.; Salaro, A.L.; Andrade, D.R. 2000. Diferentes condições nutricionais de alevinos de tilápia vermelha (*Oreochromis niloticus x O. aureus*),submetidos à inanição. *In:* Simpósio Brasileiro de Aqüicultura, 11. *Anais...* Florianópolis: ABRAq, 2000, não paginado, CD-ROM. Artigos. Nutrição – 12.

Soares, E.C. e S. 2005. Efeito de proteases exógenas sobre o aproveitamento da proteína vegetal pelo tucunaré *Cichla* sp. . 92 f. Tese (Doutorado em Biotecnologia) - Universidade Federal do Amazonas, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas.

Souza, V.L.; Oliveira, E.G.; Urbinati, E.C. 2000. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). *Journal of Aquaculture in the Tropics*, 15(4):371-379.

Stillborn, H. 1998. Nutrition influences animal waste output. *Feedstuffs*,4: 20-47.

Sugiura, S.H., Dong, F.M., Rathbone, C.K. et al. 1998. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture,* 159:177-202.

Tejedor, A.A.; Albino, L.F.T., Rostagno, H.S. 2001. Efeito da adição de enzimas em dietas de frangos de corte à base de milho e farelo de soja sobre a digestibilidade ileal de nutrientes. R*ev. Bras. Zootec.,* 30 (3):809-816.

Toniolo, C.F.C. 2001. *Estudo dos padrões de digestão enzimática e perfil metabólico em tambaqui, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818), alimentado com diferentes teores de proteína e carboidrato em regime de confinamento*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, São Paulo. 116pp.

Vásquez, K.L. 2001. *Variação circadiana da atividade das enzimas digestivas amilase, maltase, protease e lipase em juvenis de tambaqui, Colossoma macropomum CUVIER, 1818 (CHARACIFORMES, SERRASALMIDAE).* Dissertação de Mestrado. Universidade do Amazonas/Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, Amazonas. 56pp.

Wang, K.W.; Takeuchi, T.; Watanabe, T. 1985. Optimum protein and digestible energy levels in diets for tilapia nilotica*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. / Nissuishi,* 51 (1): 141-146.

Wang, N., Hayward, R.S. and Noltie, D.B., 1998. Variation in food consumption, growth efficiency among juvenile hybrid sunfish held individually. Aquaculture, 167: 43–52.

Wang, Y., Cui, Y., Yang, Y. and Cai, F., 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus×O. niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture* 189:101–108.

Watanabe, T., Takeuchi, T.T., Satoh, S., Kiron, V. 1996. Digestive crude protein contents in varius feedstuffs determined with four freshwater fish species. *Fisheries Science*, 62(2), 278-282.

Webster, C.D., J.H. Tidwell and D.H. Yancey. 1992. Effect of protein level and feeding frequency on growth and body composition of cage-reared channel catfish. *The Progressive Fish-Culturist*, 54(2):92-96.

Pereira Filho, M., Fonseca, F.A.L., Silva, J.A.M. e Brandão, L.V. Nutrição e boas práticas de manejo em aqüicultura1. PUBVET, V.2, N.18, Mai1, 2008.

Xie, S.; Zhu, X.; Cui, Y. Wootton, R. J.; Lei, W.; Yang, Y. 2001. Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. *Journal of Fish Biology*, 58(4): 999-1009.

Yin, Y.L.; Baidoo, S.K.; Jin, L.Z.; Liu, Y.G.; Schulze, H.; Simmins, P.H. 2001. The effect of different carbohydrase and protease supplementation on apparent (ileal and overall) digestibility of nutrients of five hulless barley varieties in young pigs. *Livestock Production Science*, 71:109-120.

Yu, B.; Tsen, H.Y. 1993. An in vitro assessement of several enzymes for the supplementation of rabbit diets. *Animal Feed Science and Technology*, 40(4):309-320.

Zanella, I., Sakomura, N.K., Silversides, F.G. et al. 1999. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poult. Sci.,* 78:561-568.

Zangeronimo, M.G.; Fialho, E.T.; Murgas, L D S; Freitas, R T F; Rodrigues, P. B. 2007. Desempenho e excreção de nitrogênio de leitões dos 9 aos 25 kg alimentados com dietas com diferentes níveis de lisina digestível e proteína bruta. *Revista Brasileira de Zootecnia / Brazilian Journal of Animal Science,* 36:1382-1387.