

**EFEITO DO PROCESSAMENTO DA RAÇÃO
SOBRE OS VALORES DE DIGESTIBILIDADE
APARENTE DOS NUTRIENTES PARA PIAU
VERDADEIRO (*Leporinus elongatus*, CUV &
VAL, 1864).**

NORKA DA SILVA ALBERNAZ

2000

1954



THE
LIBRARY
OF THE
CONGRESS
SERIALS ACQUISITION
510 MICHIGAN AVENUE
N.W.
WASHINGTON, D.C. 20540

49266

MFN 34577

NORKA DA SILVA ALBERNAZ

**EFEITO DO PROCESSAMENTO DA RAÇÃO SOBRE OS
VALORES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS
NUTRIENTES PARA PIAU VERDADEIRO (*Leporinus elongatus*
CUV & VAL, 1864)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, área de concentração Nutrição animal, Peixes, para obtenção do grau "Mestre".

Orientador

Prof. Priscila Vieira Rosa Logato

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

Albernaz, Norka da Silva

Efeito do processamento da ração sobre os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes para piau verdadeiro (*Leporinus elongatus* CUV & VAL, 1864) / Norka da Silva Albernaz. -- Lavras : UFLA, 2000.

54 p. : il.

Orientador: Priscila Vieira Rosa Logato.

Dissertação (Mestrado) – UFLA.

Bibliografia.

1. Peixe. 2. Alimentação. 3. Digestibilidade. 4. Ração. 5. Processamento. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD-639.375

**EFEITO DO PROCESSAMENTO DA RAÇÃO SOBRE OS
VALORES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS
NUTRIENTES PARA PIAU VERDADEIRO (*Leporinus elongatus*
CUV & VAL, 1864)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Zootecnia, área de concentração Nutrição animal, Peixes, para obtenção do grau “Mestre”.

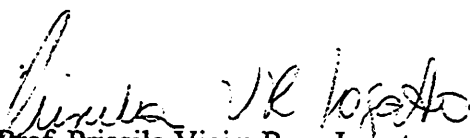
APROVADA em 25 de fevereiro de 2000

Prof. Elias Tadeu Fialho

UFLA

Prof. Rilke Tadeu de Freitas

UFLA


Prof. Priscila Vieira Rosa Logato
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Ao meu marido Humberto

Pela dedicação e carinho.

À minha mãe Vail.

DEDICO

A minha irmã e esposo, à minha sogra e toda a minha família

pelo apoio e incentivo

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

À Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá-MT, por possibilitar a realização do curso.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais de Pirassununga-SP(CEPTA/IBAMA) pela concessão do Laboratório Úmido para a realização do experimento.

A Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco(CODEVASF) pela doação dos peixes utilizados no experimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

À professora Priscila Vieira Rosa Logato, pela dedicada orientação, amizade, estímulo e valiosos ensinamentos na realização deste trabalho.

Ao professor Elias Tadeu Fialho, pelas valiosas críticas, sugestões para elaboração e condução deste projeto.

Ao professor Rilke Tadeu de Freitas pela orientação estatística.

Ao professor Evódio Ribeiro Vilela e a professora Joelma Pereira, pelas sugestões e análises realizadas no Laboratório de Tecnologia de Grãos e Cereais, do Departamento de Ciências dos Alimentos.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Fábrica de Ração e Biblioteca Central, pela amizade e apoio para a realização deste trabalho.

Aos amigos, Elô, Ademir, Cristiane, Ívina, Daniela, Murilo e Eduardo pela amizade e dedicação.

Aos estagiários do Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais de Pirassununga-SP(CEPTA/IBAMA), Jacob, Fábio, Jaqueline, Alexandre, Cristian, Dalton e Ana, pelo apoio durante o período de realização do experimento.

Aos demais professores e colegas do Departamento de Zootecnia e a todos que direta ou indiretamente, contribuíram para realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DA AUTORA

NORKA DA SILVA ALBERNAZ, filha de Jehoshua da Gama Albernaz e Vail Santana da Silva Albernaz, nasceu em Cuiabá, Estado de Mato Grosso, em 24 de setembro de 1968.

Em março de 1992, graduou-se em Agronomia pela Faculdade de Agronomia de Cuiabá.

Em março de 1993, ingressou no quadro de magistério da Escola Agrotécnica Federal de Cuiabá-MT..

Em janeiro de 1997, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Lavras, na área de Nutrição de Monogástrico, submetendo ao exame final de tese no dia 25 de fevereiro de 2000.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Processamento de rações.....	3
2.1.1 Peletização.....	3
2.1.2 Extrusão.....	4
2.1.3 Extrusão X Peletização.....	5
2.2 Influência do processamento na qualidade da ração.....	8
2.3 Digestibilidade.....	11
2.3.1 Metodologia empregada na determinação da digestibilidade.....	14
2.3.2 Valores de digestibilidade dos nutrientes.....	17
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1 Ensaio de digestibilidade.....	21
3.2 Metodologia do período experimental ou de coleta.....	23
3.3 Condições do laboratório úmido.....	26
3.4 Propriedades reológicas da ração basal.....	28
3.5 Análises químicas.....	29
3.6 Análises estatística.....	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4.1 Parâmetros físico-químicos.....	32
4.1.1 Oxigênio.....	32

4.1.2 Temperatura.....	32
4.1.3 Potencial hidrogeniônico(pH).....	33
4.1.4 Amônia.....	33
4.2 Resultados de digestibilidade aparente dos processamentos da ração basal.....	34
5 CONCLUSÕES.....	40
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXOS.....	49

RESUMO

ALBERNAZ, Norka da Silva. **Efeito do processamento da ração sobre os valores de digestibilidade aparente dos nutrientes para o piauí verdadeiro (*Leporinus elongatus* CUV & VAL, 1864).** Lavras: UFLA, 2000. 54p. (Dissertação – Mestrado em Zootecnia)*.

O experimento foi realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais de Pirassununga/SP (CEPTA/IBAMA), com duração total de 84 dias, tendo o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDPB), da matéria seca (CDMS) e energia digestível (ED) de três tipos de processamento (peletização; extrusão e ração processada na máquina de moer), utilizado em uma ração isoproteica (32%PB) e isocalórica (3.400 Kcal ED/Kg). Cada tipo de processamento da ração correspondeu a um tratamento. A determinação da digestibilidade foi realizado através do método indireto, com emprego de óxido de cromo (Cr_2O_3) como substância de referência. O ensaio utilizou 600 alevinos de piauí verdadeiro (*Leporinus elongatus*), distribuídos aleatoriamente em seis tanques de digestibilidade (100 peixes/tanque/repetição), de 300 litros cada um, com fluxo de água constante (3 litros/segundo). Para avaliação estatística foi utilizado o Delineamento em Blocos Casualizados e, o Teste Student Newman Keuls (SNK), para a comparação entre os tratamentos. Os resultados das análises estatísticas demonstraram haver diferenças significativas ($P < 0.05$) entre os coeficientes de digestibilidade de proteína e energia para as rações peletizada e extrusada em relação a ração processada na máquina de moer. Com relação a digestibilidade da matéria seca não houve diferença significativa entre os processamentos avaliados (Ração peletizada 93,20%, Ração extrusada 93,64% e Ração processada na máquina de moer 95,42%). O coeficiente de digestibilidade da proteína e energia para as rações peletizada, extrusada e processada na máquina de moer são, respectivamente, 71,20% e 86,43%; 72,48% e 85,85%; 64,56% e 81,94%. Os parâmetros físico-químicos da água dos tanques apresentaram valores dentro dos exigidos para o piauí verdadeiro, não havendo diferença entre os tratamentos.

* Comitê Orientador: Priscila Viera Rosa Logato – UFLA (Orientador), Elias Tadeu Fialho –UFLA, e Rilke Tadeu de Freitas - UFLA

ABSTRACT

ALBERNAZ, Norka da Silva. **Effect of the ration processing on the apparent digestibility values of nutrients for the true piau (*Leporinus elongatus* CUV & VAL, 1864).** Lavras:UFLA, 2000. 54p. (Dissertation – Master in Animal Science)*.

The experiment was conducted in the Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais de Pirassununga/SP (CEPTA/IBAMA), with the total duration of 84 days, aiming to determine the apparent digestibility coefficients of crude protein (DCCP), of dry matter (DCDM) and digestible energy (DE) of three types of processing (pelleting, extrusion and grinder-processed ration), utilized in a isoprotein (32%CP) and isocaloric (3.400 Kcal DE/Kg) ration. Each sort of processing of the ratio, corresponded to a treatment. Determination of digestibility was accomplished through the indirect method, with the use of chromium oxide (Cr_2O_3) as the reference substance. The trial utilized 600 fingerlings of true piau (*Leporinus elongatus*), randomly allocated into six digestibility tanks (100 fish/tank/replication) of 300 liters each, with constant water flux (3 liters/second). For the statistical evaluation, the randomized block design and the Newman Keuls Student test (SNK) were utilized for comparing among the treatments. The results of the statistical analyses showed that there are significant differences ($P < 0,05$) among the digestibility coefficients of both protein and energy for the pelleted and extruded rations relative to the grinder-processed ration. As regards the dry matter digestibility, there was no significant difference among the processing evaluated (pelleted ration 93,20%, extruded ration 93,64% and grinder-processed ration 95,42%). The digestibility coefficient of protein and energy for the pelleted, extruded and grinder-processed rations are, respectively, 71,20% and 86,43%; 72,48% and 85,85%; 64,56% and 81,94%. The physical-chemical parameters of the water in the tanks showed values within those required for the true piau, there not being any differences among the treatments.

* Guidance Committee: Priscila Viera Rosa Logato – UFLA (Adviser), Elias Tadeu Fialho –UFLA and Rilke Tadeu de Freitas - UFLA

1 INTRODUÇÃO

A piscicultura é uma das áreas da produção animal que mais cresce no mundo. Com a ascensão dessa atividade, há um aumento nas expectativas de performance produtiva e econômica no cultivo de peixes.

Os aspectos inerentes à alimentação de peixes vêm sendo amplamente questionados, principalmente por representarem cerca de 60% do custo de produção num sistema de cultivo intensivo.

As pesquisas na formulação e processamento das rações balanceadas na área de aquicultura tem apresentado grandes avanços tecnológicos, para atender a crescente demanda.

A produção de uma ração de alta qualidade, para que o peixe produza um máximo de desempenho, deve usar uma combinação correta dos ingredientes como forma de se obter um balanceamento adequado dos nutrientes, boa digestibilidade e estabilidade na água. Aliando-se todas estas características, as rações obtêm um bom aproveitamento pelos peixes e evitam desperdícios com a dissolução e/ou lixiviação dos nutrientes na água.

Carneiro, Chaim e Dias (1992), citam que a perda de nutrientes para a água pode influenciar diretamente no desenvolvimento dos peixes, minimizando a eficiência de utilização dos alimentos ou, indiretamente, propiciando um aumento acentuado da produtividade primária, que geralmente propicia uma redução na qualidade da água, principalmente com relação à redução de oxigênio dissolvido na água, podendo causar mortalidade ou debilitar os peixes, favorecendo, assim, o aparecimento de parasitas ou patógenos.

A lixiviação dos nutrientes é muito rápida e intensa nas rações fareladas devido à sua alta relação entre área superficial e o volume de água, tornando necessário um acréscimo nas dosagens dos nutrientes hidrossolúveis

(especialmente vitaminas) e o revestimento da ração com óleos para reduzir as perdas, que representam um aumento nos custos de produção. Esses cuidados evitam, também, a degradação da qualidade da água.

As rações processadas (peletizadas ou extrusadas) têm se mostrado mais aceitáveis pelos peixes, resultando em um melhor desempenho pelos mesmos.

O processo de aquecimento controlado propicia aumento da disponibilidade dos nutrientes contidos nos ingredientes da ração, otimizando a eficiência alimentar, aumentando a digestibilidade, diminuindo a produção de resíduos e reduzindo a carga de efluentes que comprometem a qualidade da água.

A digestibilidade do amido, da proteína e a disponibilidade dos minerais pode melhorar em função do processamento adequado, em especial a temperatura utilizada durante o processamento

Assim sendo, objetiva-se, com o presente trabalho, determinar os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e energia bruta (EB) em alevinos de piau verdadeiro (*Leporinus elongatus*), alimentados com rações extrusada, peletizada e processada na máquina de moer.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Processamento de rações

2.1.1 Peletização

O processo de peletização compacta os ingredientes, deixando-os em forma de bastonetes, permitindo maior uniformidade dos ingredientes, evitando a seleção alimentar, e promovendo a melhor aceitação da mistura, reduzindo a perda de ração por lixiviação dos nutrientes e possibilitando a destruição parcial de alguns fatores antinutricionais. Essa técnica facilita o manuseio da ração, aumentando a eficiência alimentar (Pezzato, 1997 e Kubtiza, 1998).

Na peletização, a matéria prima passa por um aquecimento ($\geq 90^{\circ}\text{C}$), em uma máquina peletizadora que compacta o material através da sua passagem pelos anéis, apresentando tecnologia mais simples e custos mais baixos. Em peletizadora com prévio condicionamento a vapor, a umidade está em torno de 16 a 18%. A moagem dos ingredientes deve ser uniforme, sendo mais de 95% das partículas menores que 0,25 mm e as partículas restantes de $\leq 0,4$ mm, para melhorar a compactação dos peletes, pela maior área de aglutinação. A utilização de uma substância aglutinante é necessária para contribuir com a estabilidade da ração peletizada na água. Uma ração bem processada chega a manter-se estável na água por um prazo mínimo de 20 minutos (Kubtiza, 1998).

Existe também a peletização sem adição de vapor, na qual a temperatura eleva-se por atrito.

A aglutinação dos ingredientes na ração peletizada ocorre devido à gelatinização do amido, principalmente na superfície dos peletes. O uso de substância aglutinantes, como alguns gels, melaço, betonita, entre muitos outros

compostos, pode ajudar a melhorar a estabilidade das dietas peletizadas na água (Kubtiza, 1998).

2.1.2 Extrusão

Guill (1990), citado por Carneiro, Chaim e Dias (1992), verificaram que a extrusão foi usada pela primeira vez, na produção de rações, no início da década de 50, quando a Ralston Purina produziu rações para cães em uma extrusora de construção própria. Atualmente existem muitos equipamentos e técnicas utilizadas na extrusão, que processam rações secas ou úmidas com varias formas, texturas e densidades, por um processo relativamente simples.

Segundo Kubtiza (1998), a extrusão é um processo de cozimento utilizando alta pressão (30 a 60 atm), umidade controlada e temperatura elevada (em torno de 150°C), resultando na explosão e expansão da mistura dos ingredientes. A elevação da pressão e temperatura de extrusão faz com que a ração flutue. Uma granulometria fina dos ingredientes é pré-requisito básico para um bom processo de extrusão. A mistura de ingredientes, sem a adição de suplementos vitamínicos e minerais, deve ser submetida à moagem usando peneiras de no máximo 0,8 mm. A adição de suplementos minerais pode ser feita antes da extrusão, e de vitaminas após, de forma a minimizar as perdas pelo excessivo aquecimento durante o processo. O processo de aquecimento controlado aumenta a disponibilidade dos nutrientes contidos nos ingredientes da ração à ação digestiva dos organismos aquáticos, otimizando a eficiência alimentar, aumentando a digestibilidade, diminuindo a produção de resíduos e reduzindo a carga de efluentes que comprometem a qualidade da água.

Lovell (1976) descreve que a extrusão, numa temperatura de 105° por 30 minutos, destrói a maioria das bactérias patogênicas, além de ajudar o cozimento apropriado para melhorar a utilização dos nutrientes na alimentação do peixe.

Após a extrusão e antes do resfriamento completo, as rações extrusadas podem receber uma cobertura com óleos e gorduras com a finalidade de aumentar a compactação, reduzindo as perdas da granulometria mais fina por hidrossolubilidade, melhorando o aspecto do produto, balanceando os níveis de energia digestível e adição de vitaminas, que normalmente seriam em grande parte destruídas pelas altas temperaturas durante o processo de extrusão (Kubtiza, 1998).

2.1.3 Extrusão X Peletização

O processo de extrusão envolve o uso de equipamentos mais satisfatórios e com maior gasto de energia se comparados à peletização, adicionando um custo maior ao produto final. No entanto, este custo adicional acaba sendo compensado pela sensível melhora na eficiência alimentar dos peixes e conseqüente menor deterioração da qualidade da água. Valores de conversão alimentar próximos da unidade podem ser observados com alguns peixes alimentados com rações extrusadas. Adicionalmente, as rações extrusadas flutuantes facilitam o manejo da produção, pois permitem melhor observação da resposta alimentar dos peixes. Rações extrusadas apresentam estabilidade na água superior a 12 horas e menor perda de nutrientes por lixiviação, comparadas às rações peletizadas, aumentando a durabilidade em água (Hilton e Slinger, 1983 e Kubtiza, 1998).

Independente do processamento (peletização ou extrusão), Hastings (1976) e Jayaram e Shetty (1981) observaram que uma relação 1:1 para peso de mistura de ingredientes para água daria uma melhor consistência para a massa. A quantidade de água deve ser adequada a cada mistura para favorecer a produção dos peletes mais uniformes e gelatinização do amido no momento do processamento da ração. Ainda, Hastings (1976) cita que o cozimento a vapor seco é mais interessante que a vapor úmido, pois durante o processamento, o

calor produzido pelo vapor seco aumenta a gelatinização do amido, enquanto o calor do vapor úmido transfere de 5 a 7% de umidade aos ingredientes, causando um despreendimento maior em energia no momento da extrusão.

Sabe-se que durante o processamento e armazenamento, as dietas são expostas a fatores como excesso de calor, umidade, presença de oxigênio e luz, que podem causar-lhes efeitos degradativos, reduzindo o valor nutricional das rações.

De acordo com Kubtiza (1998), a intensidade desses fatores muitas vezes é suficiente para destruir completamente algumas vitaminas durante o processamento e armazenamento das rações, como mostra a tabela 01.

TABELA 01. Perdas de vitaminas após os processos de peletização ou extrusão e armazenamento das rações por três meses.

Vitaminas	Perdas de vitaminas (%) (3 meses)		Fatores que levam à inativação/destruição (fontes sintéticas de vitaminas)
	Peletização	Extrusão	
A (UI/Kg)	10 a 20	20	Oxidação e luz (retinol-palmitato)
D ₃	0 a 20	Estável	(colicalciferol)
E			Oxidação, luz, rancificação de gorduras (DL- α -tocoferol acetato)
K ₃	30 a 50	-	Oxidação (bissulfito de menadiona)
Riboflavina (B ₂)	0 a 5	26	Luz (riboflavina monofosfato de sódio)
Ác. Pantotênico	10 a 20	10	Oxidação e luz (pantotenato de Ca ²⁺ ou Na ⁺)
Niacina	5	20	Estável nas rações (Nicotinamida)
B ₁₂ (µg/Kg)	10	-	Oxidação, redução e luz (Cianocobalamina)
Colina	Estável	Estável	Estável nas rações (Colina-HCl)
Biotina	0 a 5	10	Oxidação (D-biotina)
Ác. Fólico	10 a 40	-	Oxidação e luz (Ácido fólico)
Tiamina (B ₁)	20 a 40	11 a 12	Oxidação, redução e luz (Tiamina-HCl)
Piridoxina (B ₆)	0 a 20		Oxidação e redução (Piridoxina-HCl é mais estável)
Vitamina C			
L-ácido ascórbico (AA)	40 a 70	55 a 95	Calor, oxidação, luz, ferro e cobre
AA-etilcelulose	10 a 24	40 a 55	Calor, oxidação e luz
AA-monofosfato	Estável	0 a 20	Uma das fontes mais estáveis
AA-polifosfato (Stay-C)	Estável	Estável	Fonte totalmente estável

Fonte: Normas e Padrões de Nutrição e Alimentação Animal (1992); Tacon (1991); Roche (sem data), citados por Kubtiza (1998).

Fontes alternativas de vitaminas, principalmente do ácido ascórbico, têm sido propostas como uma solução para o problema de instabilidade em alimento

para a aquicultura, causada pela composição específica, processos de fabricação e armazenamento usados para produção comercial.

Gradient e Fenster (1994) observaram que as fontes de vitaminas C, monofosfato ascorbil e polifosfato ascorbil, em alimentos extrusados em altas temperaturas (150°C) para aquicultura, apresentam alta estabilidade em comparação com formas revestidas (49-58% de perda na produção e 64-78% no armazenamento do primeiro mês).

Convém destacar que o uso de ração extrusada vem sofrendo avanços e que o piscicultor já começa a investir em alimentos tecnologicamente mais confiáveis, o que é explicado pela obtenção de melhores índices de conversão com redução no custo de produção por quilo de peixe, mesmo com custo unitário superior (Tabela 02). Além disso, a ração extrusada libera uma menor quantidade de resíduos poluentes na água do que a ração peletizada, quando o manejo é bem conduzido.

TABELA 02. Expectativa de performance produtiva e econômica no cultivo de peixes utilizando ração peletizada e extrusada.

Alimento utilizado	Produção de peixe (Kg/ha)	Quantidade De alimento (Kg de MS/ha)	Kg de alimento/ 1.000 Kg de peixe	Carga poluente (Kg MS/ha)	Custo/Kg peixe (R\$)	Receita líquida (R\$/ha)
Peletizada	4.600	9.522	2.300	8.234	0,92	4.968
Extrusada	6.800	7.956	1.300	6.052	0,74	8.568

Fonte: Pezzato (1997).

Furuya et al. (1997), testando tipos de processamentos nas dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), verificaram uma melhor conversão e ganho de peso para a ração extrusada, seguida pela peletizada e farelada, sendo, respectivamente, 1,38 e 3,34; 2,08 e 2,61; 2,22 e 1,98.

Muitos trabalhos mostram um melhor ganho de peso com dietas extrusadas; entretanto, a relação custo/benefício deve ser observada, uma vez que a viabilidade de sua utilização está relacionada com a sua qualidade nutricional e de estabilidade, considerando que dietas extrusadas apresentam um acréscimo de 30% no seu custo.

O processo de fabricação de cada um destes tipos de ração (peletizada e extrusada) define suas principais características, alterando alguns parâmetros de manejo e desempenho dos peixes, como mostra o Quadro 01.

QUADRO 01. Parâmetros que diferenciam o processamento da ração.

Parâmetros	Ração peletizada	Ração extrusada
Densidade/flutuação	Alta/afunda	Baixa/flutua
Observação da resposta alimentar	Difícil	Fácil
Nível de arraçoamento	% da biomassa	À vontade
Possibilidade de perdas	Alta	Baixa
Estabilidade na água	Baixa a média	Alta
Manejo alimentar	Complexo	Simple
Impacto negativo na água	Médio a grande	Pequeno
Tempo de engorda dos peixes	Médio a longo	Reduzido
Eficiência alimentar	Média a baixa	Alta
Custo Brasil (28% PB)	R\$ 0,32	R\$ 0,42

Fonte: Anais do Simpósio sobre Manejo do Solo de Peixes (Piracicaba/SP – 24 e 25 de junho de 1997).

2.2 Influência do processamento na qualidade da ração

Jayaram e Shetty (1981) constataram a preocupação dos nutricionistas de peixe com relação aos aspectos fisiológicos da avaliação das dietas. Há uma

necessidade urgente em produzir alimentos peletizados e extrusados para os peixes, uma vez constatado que o processamento influencia na disponibilidade dos nutrientes presentes nos ingredientes da ração.

O processamento adequado pode melhorar a digestibilidade do amido, proteína e a disponibilidade de minerais (Ferreira, 1995). Segundo Butteworth e Fox (1963), Eggum (1970) e Morris e Balloun (1971), os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB) e proteína digestível (PD) variam em função do processamento do alimento, em especial a temperatura utilizada na obtenção do produto.

Também Bergot e Breque (1983), investigando a digestibilidade do amido para truta arco-íris, utilizaram duas rações contendo 70% de dieta basal, sendo que a primeira foi completada com 30% de amido cru e a segunda com 30% de amido gelatinizado, com dois níveis de ingestão, um baixo e outro alto. A gelatinização e a restrição promoveram um efeito positivo sobre a digestibilidade do amido, com um nível mais alto que do amido de milho cru. Os resultados demonstraram que a digestibilidade do amido é afetada pelo tratamento térmico e nível de incorporação na ração. Estudos semelhantes (com nível de incorporação de 40% de amido cru e cozido) realizados por Inaba et al. (1963) confirmaram que a digestibilidade do amido de milho cozido (48%) foi mais alta que a do amido do milho cru (22%). O mesmo foi descrito por Singh e Nose (1967) para o amido cozido de batata.

O processamento influencia a digestibilidade de vários ingredientes. Smith et al. (1995), em um ensaio de determinação de coeficiente de digestibilidade aparente de proteína e energia metabolizável para truta arco-íris (*Orcorhynchus mykiss*), verificaram que a levedura de cerveja processada apresentou melhor digestibilidade (84.7% de proteína, 68.6% de energia e valor de 3.034 Kcal EM/Kg) do que a levedura congelada a vácuo (63.2% de proteína, 62.6% de energia e valor de 2.740 Kcal EM/Kg), assim como aumentou em

dobro a digestibilidade da soja (80% de proteína, 68% de energia e valor de 2.871Kcal EM/Kg).

Smith (1971, 1977), citado por Viola, Mokady e Arieli (1983) relatou que a energia metabolizável de produtos de soja, utilizados na alimentação de trutas, dependia do grau de tratamento térmico. A energia metabolizável para a soja integral (5.750Kcal EB/Kg) com o tratamento térmico a seco a 204°C / 8 minutos apresentou o valor de 3.960 Kcal EM/Kg. Utilizando esta mesma temperatura por um tempo maior (12 minutos), o valor de EM subiu para 4.092 Kcal EM/Kg, e quando submetida à temperatura de 232° C / 8 minutos, a energia metabolizável atingiu o valor de 4.027 Kcal EM/Kg.

Apesar da digestibilidade da fração proteica poder ser prejudicada pelo processamento inadequado, quer seja pela não destruição ou desativação total do fator antitripissínico, ou mesmo pelo excesso de aquecimento, possibilitando a formação de complexos proteína-carboidratos via “Reação de Maillard”, inúmeros pesquisadores verificaram que os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína do farelo de soja, embora ligeiramente inferiores ao da farinha de peixe, não são suficientes para explicar as diferenças em desempenho observadas na tentativa de se formular rações à base de proteínas de origem animal (Hepher, 1988, citado por Kubitza, 1998).

Liener (1981) considerou o farelo de soja um substituto potencial da fração protéica de origem animal para peixes. Entretanto, a qualidade nutricional dos produtos de soja é determinada não só pela quantidade e utilização de seus aminoácidos, mas também é intensamente influenciada pelas condições de processamento empregado em sua manufatura. O mais importante desses fatores é a aplicação de alguma forma de tratamento térmico, que serve para inativar constituintes antinutricionais que naturalmente ocorrem na soja.

Andriquetto et al. (1990) citaram que as variações nos valores de digestibilidade dos nutrientes nos subprodutos de origem animal estão

relacionadas com a variedade da matéria prima utilizada e com o processamento de obtenção.

Hilton, Cho e Slinger (1981) observaram que trutas alimentadas com rações extrusadas exibiram fígados maiores, cheios de glicogênios, que sugerem maior disponibilidade de carboidratos dietéticos em comparação com peletes a vapor.

2.3 Digestibilidade

A vida existe como um estado termodinamicamente instável, cuja continuidade depende do equilíbrio existente entre a incorporação da energia contida nos alimentos e a produção de calor conseqüente dos processos de manutenção (Cho, 1987). Assim, os alimentos são a fonte de combustível que os processos metabólicos do organismo convertem em energia para as atividades vitais (Harper, Rodwell e Mayes, 1982). Carboidratos, gorduras e proteínas, que o alimento fornece ao organismo, poderão ser utilizados como energia. Minerais, vitaminas e enzimas desempenham funções importantes na digestão e no metabolismo, liberando e transformam o alimento em energia disponível (Maynard et al., 1984).

A quantidade de energia que um animal necessita depende da etapa do ciclo biológico em que se encontra, da estação e das condições ambientais. Todos os animais, inclusive os peixes, necessitam de energia para a manutenção do metabolismo básico, das suas atividades rotineiras e para um adequado crescimento, reprodução e saúde (Kubitzka, 1998).

Os componentes de um alimento só servirão como combustível para os peixes após terem sido digeridos e absorvidos no trato digestivo. A energia é um produto terminal dos nutrientes absorvidos, quando oxidam-se e metabolizam-se. Alguns componentes do alimento resistem aos processos de digestão e uma

grande proporção dos mesmos passam pelo tubo digestível para serem eliminados nas fezes (Cho, 1987).

As diferenças na habilidade digestível dos peixes e os valores de energia digestível dos ingredientes ou alimentos variam de acordo com a espécie de peixe em questão (Cho, 1987).

Assim, também Kubitza (1998) acrescenta que os valores de energia digestível podem variar em função da qualidade de matéria prima ou ingrediente, do tipo de processamento ocorrido durante a obtenção do ingrediente, e também do tipo de processamento ao qual será submetida a mistura destes ingredientes para obtenção da ração (grau de moagem, peletização ou extrusão).

Portanto, a quantificação do valor energético de uma dieta requer ensaios tanto químicos como biológicos.

Segundo Cho (1987), a energia dietária pode ser eliminada como fezes, utilizada nos processos metabólicos, dissipada na forma de calor e armazenada nos tecidos. O metabolismo energético é estudado comparando a ingestão dietária com as perdas fecais. As fezes são uma mistura de alimento não digerido e de resíduos de origem corporal não reabsorvidos. Estes resíduos são células mucosas, enzimas digestivas e outras secreções do tubo digestivo e resíduos da sua microflora.

A metodologia utilizada para avaliar o potencial energético de uma dada matéria prima incluída em uma dieta é medindo a sua digestibilidade.

Segundo MacDonald, Edwards e Greenhalgh (1975), os seguintes fatores devem ser considerados quanto à digestibilidade: composição do alimento, preparo dos alimentos, fatores dependentes do animal e nível de ingestão. Estes fatores são confirmados por Henken, kleingeld e Tjissen (1985), Windell, Foltz e Sarokon (1978), Hanley (1987) e Shiau e Liang (1994) em estudos semelhantes.

Um conhecimento preciso da digestibilidade de ingredientes alimentares comumente usados na formulação de dietas para peixes é de suma importância. Na atualidade, estão sendo requeridas investigações adicionais com relação à exigência nutricional de cada espécie e uma rigorosa formulação de ração. Sem dados precisos de digestibilidade, nutricionistas de peixes, arriscam em superdosagens, que podem elevar o custo de produção, ou numa subdosagem, que pode reduzir a taxa de crescimento e outras medidas de performance do peixe. Utilizar ingredientes altamente digestíveis é especialmente importante em condições de cultivo de alta densidade, em que acumulações de alimentos não digeridos podem poluir a água, aumentando o custo de tratamento de água e elevando a chance de ocorrerem doenças no peixe, ocasionando a sua mortalidade.

Sabe-se que a digestibilidade reflete uma porcentagem de uma amostra de alimento que é absorvida no trato digestível de um animal. São importantes aos nutricionistas de peixes, pois os nutrientes contidos nos ingredientes digeridos deficientemente estão menos disponíveis para sustentar o crescimento e o metabolismo do que os dos ingredientes melhor digeridos, de composição semelhante. Sem dados de digestibilidade, Smith et al. (1995) realizaram um ensaio para atualizar e complementar os estudos realizados por Smith, Peterson e Allred (1980) e o NRC (1973, 1981 e 1993), aumentando as informações de digestibilidade de proteína e de energia metabolizável para mais de 50 ingredientes de uso potencial em dietas para truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), comparados por ensaios de câmara de metabolismo, nos quais fezes, urina e excretas de brânquias eram separadamente coletadas e analisadas. Os ingredientes testados foram avaliados a concentrações de inclusão na dieta basal na proporção de 25, 50 e 100%. O coeficiente de digestibilidade de proteínas e energia para os diversos ingredientes diferiram em função da fonte, classe e processamento aos quais foram submetidos.

Convém destacar que na avaliação de um alimento, é importante ter um método rápido e simples para melhorar a eficiência da determinação de digestibilidade. O ambiente aquático dificulta a separação das fezes dos peixes da água, a mensuração do consumo de alimento, e facilita a sua contaminação com a dieta não ingerida. Devido a estes problemas, é necessário usar técnicas distintas das utilizadas para medir a digestibilidade em mamíferos e aves. Poucos trabalhos de digestibilidade para peixes foram realizados, e a metodologia ainda está em fase de adaptação.

2.3.1 Metodologia empregada na determinação da digestibilidade

A metodologia de coleta de fezes é de extrema importância, uma vez que os nutrientes contidos nas fezes podem, em contato com a água, lixiviar. Portanto, as técnicas de amostragem das fezes podem afetar os resultados dos coeficientes de digestibilidade. Austreng (1978) verificou que devido às variações desses valores, os erros inerentes aos vários métodos de coleta devem ser avaliados para selecionar o mais apropriado para determinadas condições de comparações de dados em ensaios de digestibilidade.

Evitando qualquer perda na água, vários autores escolheram conduzir o peixe para fora da água e coletar as fezes diretamente da região posterior do intestino. Isto pode ser feito através da dissecação (Smith e Lovell, 1971, 1973; Windell, Foltz e Sarokon, 1978), sucção anal (Lovell, 1977) e massagem abdominal (Inaba et al., 1962). Todavia, as técnicas usadas para coleta de fezes, com procedimentos diferenciados entre os laboratórios, resultam em estimativas variáveis para o valor de energia digestível. Nestes métodos, devido à necessidade de manipulação dos peixes, causando-lhes stress, pode-se obter digesta ao invés de amostra fecal, e conseqüentemente subestimar o valor de energia digestível. Além disso, a pequena quantidade de fezes disponível de peixe pode apresentar dificuldades técnicas na análise química deste material.

Tunison et al. (1942) adaptaram um método direto para a determinação da digestibilidade usando truta de riacho (*Salminus fontinalis*, Mitchell). As fezes foram coletadas filtrando a água, e esta foi levada para análise. O método exigiu muita análise e cálculo, além de não ser preciso. Os erros poderiam ter surgido por causa da contaminação de fezes por combinações de nitrogênio excretado pela urina ou pelas brânquias.

Smith (1971), tentou superar as dificuldades de um método que permite a estimativa da energia metabolizável de uma dieta para peixes de modo que a coleta de excreções branquiais e urinárias, como também das fezes, fossem possíveis. Ele utilizou uma câmara de metabolismo, onde o peixe foi anestesiado para permitir a colocação de uma cânula de coleta de urina. Em seguida, o animal foi confinado no aquário com divisória que separava a parte anterior da posterior, para subsequente coleta e análises. Neste ensaio, os peixes utilizados sofrem muito stress e restrição da atividade natatória, além de ser necessário o uso de ingestão forçada de alimento.

Philips, Tunison e Brock Way (1948) utilizaram alimentação forçada em truta, com cápsulas de gelatina que continham quantidades conhecidas de uma dieta teste. Após vários intervalos, os peixes foram sacrificados e os conteúdos do trato digestível analisados. Este método é limitado pelo fato da necessidade de sacrificar o peixe, pela dificuldade de conhecer a quantidade de alimento ingerido e fezes produzidas em estudos com peixes.

Recentemente, a maioria dos ensaios de digestibilidade com peixe utilizam o método de indicador. Edin (1918) propôs o uso de óxido crômico (Cr_2O_3), sendo também utilizado por Nose (1960, 1961) e Inaba et al. (1962), que usaram óxido crômico para investigar a digestibilidade de proteína em peixe. Trabalhos semelhantes foram realizados por Austreng (1978), que amostrou fezes de truta arco-íris aplicando uma leve pressão com os dedos entre a nadadeira ventral e o ânus.

Níveis de óxido crômico adicionados na dieta teste para medir a digestibilidade em animais aquáticos variam de 0,1 a 3,0% na literatura (0.1%) Lied, Julshamn e Braekkan, 1982; (0.5%) Hossain e Jauncey, 1989; (1.0%) Wilson e Willian, 1985; (1.3%) Ferraris et al., 1986; (1.5%) De la Noue e Choubert, 1985 e (3.0%) De Silva e Perera., 1984.

De acordo com Austreng (1978), o óxido crômico como indicador apresenta várias vantagens sobre outros métodos de estimação de digestibilidade para o peixe, isto é, a alimentação quantitativa e a coleta de fezes são secundários; os peixes experimentais não precisam ser sacrificados para obter os resultados. Além disso, um grande número de peixes pode ser incluído no experimento, o que eliminará um possível efeito de diferenças de indivíduos, e facilmente se obtém uma quantidade suficiente de fezes para as análises.

Spyridakis et al. (1989), em um ensaio de digestibilidade e de metodologia de coleta fecal com European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), verificaram a influência dos diferentes métodos de amostragem fecal (dissecação, massagem abdominal, sucção anal, pipetagem imediata da água do tanque, filtração contínua e decantação) sobre a digestibilidade de proteína e lipídeos. A digestibilidade de proteína obtida através do método de decantação (94.2%) foi significativamente ($p > 0,05$) superior à dos demais métodos. A coleta fecal por massagem abdominal, tanto para a digestibilidade de proteína quanto para a de lipídeos, obteve os menores resultados, 82.5% e 94.1%, respectivamente.

Fernandez et al. (1996), também comparando diferentes métodos de amostragem fecal (coleta de fezes, massagem abdominal e dissecação intestinal) para determinar o coeficiente de digestibilidade de carbono, nitrogênio, fósforo e matéria seca em *Sparus aurata* (L.), verificaram que a digestibilidade de todos os componentes medidos, com exceção do fósforo, foi mais alta quanto mais próximo o conteúdo intestinal amostrado ficou do ânus. Diferenças significativas

foram observadas entre as amostras por dissecação, obtidas na região anterior, média e posterior do intestino. De todos os componentes estudados, somente para o carbono, nos métodos de massagem abdominal e dissecação da região posterior do intestino, foi verificada uma diferença significativa. Houve também diferenças significativas para amostras tiradas do intestino por dissecação e massagem abdominal em comparação às estimadas de amostras fecais, sendo estas com valores mais altos. Todavia, outros autores não encontraram diferenças entre o coeficiente de digestibilidade aparente obtida pelo método de dissecação, ou coleta direta de fezes (Cho, Slinger e Bayler, 1982 e Hajen et al., 1993).

2.3.2 Valores de digestibilidade dos nutrientes

Conforme estudos realizados por Bergot e Breque (1983), as informações disponíveis sobre a digestibilidade de amido em peixes indicam uma grande variabilidade nos resultados, principalmente para amido cru (coeficientes < 40%). Parte dessa variação é devida à fonte do amido utilizado e aos diferentes métodos de coleta de fezes. Quando as fezes são recuperadas antes de serem evacuadas pelos peixes na água (por massagem abdominal, dissecação intestinal ou sucção anal), a digestibilidade pode ser subestimada. Por outro lado, fezes coletadas após a evacuação (sifonadas) podem fazer com que a digestibilidade seja superestimada.

O cromo pode afetar a utilização de carboidratos. Shiau e Liang (1994), realizando um experimento sobre digestibilidade e utilização de carboidratos pela tilápia (*Oreochromis niloticus* e *O. aureos*), com dois níveis de inclusão de óxido crômico, 0.5 e 2.0% nas dietas testes, constataram que a estimativa da digestibilidade aparente nos ingredientes variaram com o nível de marcador indireto utilizado na dieta, sendo que a inclusão de 2.0% de Cr₂O₃ nas rações

reduziu a digestibilidade dos ingredientes, quando comparados com a inclusão de 0.5%.

Melhor utilização da glicose pelo óxido crômico tem significantes implicações em estudo de nutrição animal aquático, porque o Cr_2O_3 é um importante marcador indireto, usado largamente para medir a digestibilidade in vivo. O óxido crômico é normalmente incorporado na dieta durante o período metabólico final do ensaio alimentar. Todavia, devido à dificuldade de coletar amostras fecais em ambientes aquáticos, o óxido crômico é comumente adicionado à dieta no início do ensaio de alimentação aquática (Shiau e Huang, 1990).

Anderson, Capper e Bromage (1991), em um ensaio de digestibilidade para tilápia (*O. niloticus*), mensuraram o valor de energia digestível de um alimento teste, farelo de soja, substituindo a farinha de peixe da dieta basal, utilizando níveis de 200, 400, 600 e 995 g / Kg. A coleta fecal foi realizada após a primeira e décima quinta semanas de ingestão das dietas testes. Os resultados demonstraram que o aumento no nível de substituição reduzia o valor da energia digestível, e os valores obtidos após o período de adaptação de quinze semanas foram superiores aos obtidos na primeira semana. Isto sugere que a adaptação é um fator importante em ensaios de digestibilidade com peixe. Noue et al. (1980) relataram que a adaptação à dieta para truta arco-íris ocorreu em três dias, mas para as tilápias a adaptação pode levar muito mais tempo. Ainda segundo este autor, o farelo de soja, a torta de amendoim e a farinha de peixe apresentam valor digestível alto para a tilápia, demonstrando que a proteína é realmente digerida e absorvida por esta espécie. Em contraste com salmonídeos (Hilton, Atkinson e Slinger, 1982), os alimentos que contêm altos níveis de carboidratos (sorgo, trigo, milho e mandioca) também tiveram valores de energia digestível relativamente elevados, sustentando as constatações de Anderson et al. (1984) de que as tilápias utilizam carboidratos eficientemente para o crescimento. Os

valores mais baixos de energia digestível foram encontrados em alimentos que continham alto teor de fibra, tal como farelo de trigo, farelo de arroz e farelo de girassol. Os valores de energia digestível determinados para alimentos de origem animal, como a farinha de carne e osso, subprodutos de aves e farinha de peixe, foram mais baixos do que os descritos para truta (Cho, Slinger e Bayler, 1982). Assim sendo, o uso de valor de energia para aves na formulação de dietas para peixes é subestimado para algumas espécies, como no caso da tilápia.

Oliva-Teles et al. (1994), avaliando o efeito da substituição de 20% da proteína na dieta à base de farinha de peixe (dieta basal-C) por farelo de soja tostado comercial (dieta S₁), farelo de soja extrusado (dieta S₂), farelo de soja extraído por solvente (dieta S₃) e farelo de soja extraído por solvente tratado por radiação infravermelho (dieta S₄), verificaram que a extrusão do farelo de soja não melhorou o coeficiente de digestibilidade aparente da ração para truta arco-íris. A taxa de crescimento, a taxa de conversão alimentar e a retenção de nitrogênio em peixes alimentados com dietas S₁, S₃ e S₄ foram melhores do que nos peixes alimentados com a dieta S₂ e dieta basal C. Com relação ao coeficiente de digestibilidade aparente de energia e matéria seca, houve diferença significativa somente para a dieta S₂ (77.2% MS e 86.8% de energia), que foi inferior ao da dieta à base de farinha de peixe (76.9% MS e 88.9% de energia). Este resultado pode ser devido à baixa qualidade do material usado na fabricação da farinha de peixe ou condições de processamento. Assim, também as condições de extrusão do farelo de soja podem ter afetado a qualidade final deste produto.

De Silva, Shim e Khim Ong (1990) trabalhando com tilápia (*O. aureos*), verificaram que a digestibilidade da matéria seca e proteína diminuiu com o aumento do nível de substituição do farelo de folha (10, 20, 30, 40 e 50%), estimado utilizando Cr₂O₃ e fibra bruta como marcador das fezes evacuadas

durante o dia e à noite. Houve uma tendência da digestibilidade ser mais alta nas fezes coletadas durante a noite.

Kirchgessner, Kürzinger e Schwarz (1986), obtendo coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica e energia bruta de aproximadamente 72%; proteína bruta e gordura bruta de 83%; carboidratos de 56%, em dietas para carpa (*Cyprinus carpio*); consideraram que os coeficientes relativamente baixos podem ter sido determinados pela presença de componentes ricos em fibra bruta na ração (alfafa, casca de maçã e legumes-ervilha, etc.), fonte de gordura (toucinho, sebo) e o processamento.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de digestibilidade foi realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Peixes Tropicais de Pirassununga-SP (CEPTA/IBAMA), no período de 01 de setembro a 24 de novembro de 1998.

3.1 Ensaio de digestibilidade

O ensaio de digestibilidade foi dividido em duas fases: Fase I – período pré-experimental e Fase II – período experimental. Determinou-se a digestibilidade da ração submetida a três diferentes tipos de processamento, sendo ração extrusada, ração peletizada e ração processada na máquina de moer. As rações foram testadas com peixes somente em fase de crescimento (Quadro 02). Foram utilizados alevinos da espécie piau verdadeiro (*Leporinus elongatus*).

Fase I – Período pré-experimental

Durante o período pré-experimental, os peixes foram acondicionados em um tanque de fibra de vidro com capacidade de 1000 litros de água, sendo esta de renovação constante.

O período pré-experimental foi de aproximadamente de 40 (quarenta) dias até a adaptação à dieta, a qual foi fornecida “*ad libitum*”, três vezes ao dia. Utilizou-se uma ração peletizada (ração basal), com a mesma composição da ração do período experimental, sem óxido crômico.

Fase II – Período experimental

Durante o ensaio de digestibilidade, foram utilizados 600 (seiscentos) alevinos de piau verdadeiro (*Leporinus elongatus*), provenientes da Estação

Experimental da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco de Três Marias-MG.

Os peixes foram submetidos à alimentação artificial utilizando ração extrusada, ração peletizada e ração processada na máquina de moer, para a avaliação do processamento na digestibilidade das dietas.

A ração extrusada utilizada em um dos tratamentos foi processada na Piscicultura Abadia (São José do Rio Pardo), em uma extrusora de marca Tecnal com capacidade de 500 Kg/hora e rotação do motor de 1765 rpm. O sistema de aquecimento utiliza 3,0 Kg de vapor e 20 litros de água/hora para produzir calor. O calor e a pressão se desenvolvem ao passar o produto, que é extruído por meio de um cilindro de 1,80 m e diâmetro 90 mm com um parafuso, descarregando o produto na atmosfera através de uma matriz de 3,16 mm, em que uma repentina redução de pressão resulta na expansão da dieta. A faixa de temperatura utilizada durante a extrusão foi de 90° a 115°C.

No processo de peletização, utilizou-se uma peletizadora de marca Silver condicionada apenas à fricção mecânica para a produção de calor de 52°C durante a confecção da dieta experimental, na formação do pelete e agregação dos ingredientes. Os peletes foram peneirados em uma peneira de 3 mm, obtendo-se grânulos de 3 a 5 mm de comprimento.

Para o processamento da dieta na máquina de moer, foi utilizado 1/3 de água para uma melhor consistência da mistura, facilitando o manuseio da máquina e a formação do pelete. Após a passagem do produto pela matriz, os peletes foram levados à estufa a 60°C por 24 horas, ou até a sua completa secagem.

3.2 Metodologia do período experimental ou de coleta

No período experimental ou de coleta, os peixes foram acondicionados em tanques de digestibilidade com capacidade de 300 litros, sendo esta de renovação constante e circuito aberto, sendo o fluxo de água de 3 litros/segundo.

Cada período experimental ou de coleta variou de 6 (seis) a 13 (treze) dias, conforme a quantidades de fezes coletadas por repetição do ensaio no tempo.

A formulação da dieta basal (Tabela 03) foi baseada na tabela de composição bromatológica dos alimentos para aves e suínos de Rostagno et al. (1994). A ração foi isoproteica e isocalórica e possuía teores de proteína bruta e energia digestível de 32% e 3.400 Kcal ED/Kg, respectivamente, segundo recomendação de Barbosa (1996).

Cada lote de peixe, dentro da mesma repetição, foi alimentado três vezes ao dia (“*ad libitum*”), sendo às 8:30, 12:00 e 17:00 horas.

Após a última ingestão de ração do dia (17:00 horas), os tanques de digestibilidade passavam por um processo de limpeza às 17:30 horas, quando eram esvaziados em 70% da sua capacidade de volume de água para retirada de qualquer resíduo deixado durante a alimentação, que não foi eliminado pelo fluxo de água. Os coletores de fezes adaptados aos tanques de digestibilidade foram esgotados, e com uma escova vertical foram retiradas todas as impurezas presentes na parede do coletor. As canulações que ligavam o tanque de digestibilidade ao coletor de fezes também foram lavados com a escova vertical.

A coleta do material (fezes) foi realizada diariamente, sendo as fezes coletadas às 8:00 horas, mantendo-se um intervalo de 24 horas entre as coletas, 15 horas após a última alimentação “*ad libitum*” e 14:30 horas para o processo de limpeza do tanque de digestibilidade e coletor de fezes.

TABELA 03. Composição percentual dos ingredientes da ração basal.

Ingredientes	Composição (%)
Milho (8,51% PB)	34,96
Farelo de soja (45,6% PB)	45,97
Farinha de peixe (57,60% PB)	14,00
Ácido fosfórico	1,40
Óleo de soja	3,47
Premix vitamínico ¹	0,15
Premix mineral ²	0,05
TOTAL	100,00
Energia digestível (Kcal/Kg)	3.400,00
Proteína bruta (%)	32,00
Fibra bruta (%)	3,649
Fósforo disponível (%)	0,977
Cálcio (%)	1,026

¹Composição por Kg de suplemento (Quantidade por Kg de premix): Vitamina A, 1.500 U.I.; Vitamina B₁, 20 mg; Vitamina B₁₂, 10 mcg; Vitamina E, 25 mg; Vitamina PP, 120 mg; Colina, 2.000 mg; Pantotenato de cálcio, 80 mg; Ácido fólico, 2 mg; BHT, 170 mg.

²Composição por Kg de suplemento (Quantidade por Kg de premix): Manganês, 80 mg; Ferro, 24 mg; Zinco, 50 mg; Cobre, 8 mg; Iodo, 3 mg; Selênio, 0,10 mg; BHT, 170 mg.

A digestibilidade das rações experimentais foi determinada empregando-se o método indireto, no qual ingestão de alimentos e coletas de excreta foram

parciais, e foi utilizado como marcador inerte o óxido crômico (Cr_2O_3) na proporção de 1%, de acordo com a recomendação de Wilson e Willian (1985).

Para a coleta das fezes, foram utilizados recipientes plásticos de 300 ml. As fezes eram coletadas juntamente com uma pequena quantidade de água contida no coletor de fezes. Concluído o horário de coleta, as fezes de cada lote de animal ou tanque de digestibilidade eram levadas para o laboratório de nutrição.

No laboratório, as fezes de cada lote de peixe eram levadas à centrífuga a 5.000 rpm / 8 minutos para separação do material sólido da água e em seguida pesadas. As amostras identificadas por tratamento e por repetição foram colocadas em estufa ventilada a 60°C , durante 24 horas, para a realização da pré-secagem do material, obtendo-se, assim, somente a excreta seca para posterior pesagem.

As fezes pré secas foram maceradas no cadinho de porcelana e pistilo, e em seguida peneiradas para retirada de impurezas como, por exemplo, a escama. As excretas pré-secas eram acondicionadas em recipientes plásticos, etiquetadas por tanque de digestibilidade e por repetição, sendo armazenadas em congelador à temperatura de -10°C . As coletas da mesma repetição foram agrupadas em uma só amostra para realização das análises subseqüentes de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), óxido crômico (Cr_2O_3) e energia bruta (EB).

A cada duas repetições do tratamento, os peixes eram submetidos a um período pré-experimental por cinco dias, sendo alimentados com uma dieta basal. Ao término desse período, os alevinos foram pesados e redistribuídos ao acaso dentro dos tanques de digestibilidade, sendo que o peso vivo médio dos animais fosse o mais uniforme possível entre os tanques (unidade experimental), dando início ao próximo período experimental

QUADRO 02. Peso inicial (Pi), comprimento total (CT) e comprimento padrão (CP) dos alevinos de piauí verdadeiro (*Leporinus elongatus*).

Repetições	Trat° 01			Trat° 02			Trat° 03		
	Peso (g)	CT (cm)	CP (cm)	Peso (g)	CT (cm)	CP (cm)	Peso (g)	CT (cm)	CP (cm)
01	16,66	10,89	8,95	16,67	10,87	8,94	16,62	10,89	8,94
02	16,77	10,89	8,98	16,67	10,87	8,93	16,64	10,75	8,93
03	19,06	11,34	9,30	18,89	11,33	9,26	19,66	11,47	9,42
04	18,88	11,32	9,27	19,08	11,36	9,27	18,93	11,38	9,31
05	19,89	11,62	9,40	20,53	11,68	9,59	20,67	11,75	9,69
06	20,29	12,65	9,55	20,72	11,75	9,64	20,71	11,72	9,66

3.3. Condições do laboratório úmido

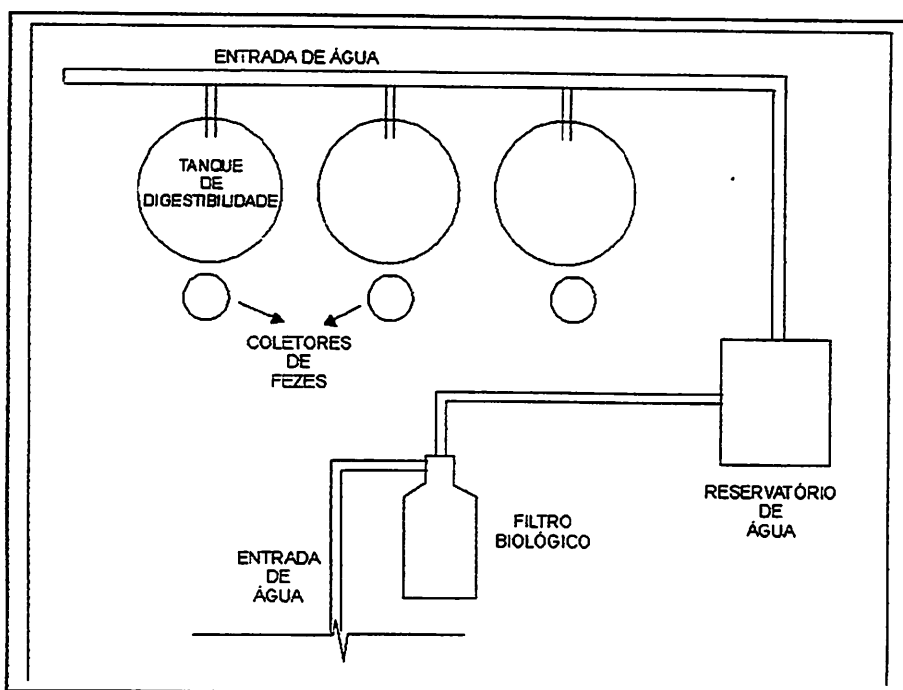


FIGURA 01. Esquema simplificado do laboratório úmido



FIGURA 02. Câmara de digestibilidade: A – entrada de água, B – tanque de digestibilidade, C – mangueira de fluxo de água, D – coletor de fezes, E – saída de água e F – local de coleta de fezes.

A temperatura da água dos seis tanques de digestibilidade foi observada diariamente através de leitura direta em termômetro, às 7:30 e às 16:00 horas.

Diariamente foram verificadas as condições de oxigênio dissolvido (DO_2 mg/l da água), no mesmo horário fixado para a observação da temperatura, utilizando-se um oxigenômetro.

As amostras de água foram coletadas semanalmente às 7:15 horas, colocando-se uma garrafa plástica com capacidade de 1,0 litro na saída de água do coletor de fezes. Estas eram levadas imediatamente para o laboratório de limnologia, onde efetuavam-se as análises para determinação dos parâmetros hidrológicos de pH (potencial hidrogeniônico) e amônia (NH_3).

As determinações de pH da água dos tanques de digestibilidade foram realizadas com pHmetro (pH-Meter CG 711).

O nível de amônia nos tanques de digestibilidade foi determinado pela leitura direta no espectrofotômetro.

O fluxo de água nos tanques de digestibilidade eram constantes e se aproximavam de 3,0 litros por minuto.

Durante todo o período experimental, o fotoperíodo foi mantido em 12 (doze) horas luz, sendo das 6:00 horas às 18:00 horas, durante todo o experimento.

3.4 Propriedades reológicas da ração basal

Para constatar a temperatura de gelatinização da ração peletizada experimental, foi utilizado o Viscoamílografo Brabender, com uma temperatura inicial de 25°C, apresentando aumentos de 1,5°C por minuto. Assim que a ração atingiu a temperatura de 95°C, esta permaneceu constante por 20 minutos. Após esse período, foi feito o resfriamento até 50°C com diminuições de temperatura de 1,5°C por minuto. Durante o processo, as variações de viscosidade do amido contido na dieta foram registrados no amilograma. A amostra utilizada continha 150 g de matéria natural da ração experimental diluída em 450 ml de água destilada, gradualmente aquecida e agitada. Como consequência direta do aquecimento, o grânulo intumescer, ocorrendo um aumento na solubilidade do amido, claridade (estrutura cristalina do grânulo responsável pela absorção de água) e viscosidade da pasta, caracterizando a gelatinização. Segundo Ciacco e Cruz (1982), o Viscoamílografo é o equipamento mais utilizado para estudos sobre o comportamento reológico de uma pasta de amido. O amilograma obtido para a ração, mostrado na figura 03, e as principais características do amilograma são apresentados na tabela 04.

TABELA 04. Características da viscosidade da dieta experimental não processada, com concentração de 150 g MN / 450 ml de água.

Características	Ração experimental
Temperatura inicial de pasta (°C)	42
Viscosidade a 95°C (U.B.)	1.260
Viscosidade após 20 minutos a 95°C (U.B.)	1.874
Viscosidade final a 50°C (U.B.)	2.290

A ração experimental apresentou uma temperatura inicial de pasta de 42°C e atingiu uma viscosidade máxima, no ciclo de aquecimento, de 1.874 U.B., e durante o ciclo de resfriamento, aumentou devido à retrogradação, atingindo um valor final de 2.290 U.B. a 50°C. A retrogradação é, basicamente, um processo de cristalização das moléculas de amido, formando uma rede, mantida coesa pelas áreas cristalinas. Na prática, as primeiras indicações da ocorrência da retrogradação são o aumento de firmeza e opacidade, resistência à hidrólise ácida ou enzimática, baixa solubilidade em água, etc (Ciacco et al., 1982)

3.5 Análises químicas

As rações e as fezes foram submetidas a análises químicas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA.

As análises da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e óxido crômico (Cr₂O₃) foram determinadas de acordo com os métodos descritos por Silva (1981).

A energia bruta (EB) foi determinada em bomba calorimétrica (Parr Instrument Co 1994), utilizando a metodologia de Silva (1981).

Com as análises químicas em laboratório dos teores de nutrientes e Cr_2O_3 indicados, nas fezes e nas rações, procedeu-se ao cálculo da digestibilidade, segundo a equação:

$$\text{Digestibilidade} = 100 - \left[100 \times \frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ na ração}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ nas fezes}} \times \frac{\% \text{nutrientes nas fezes}}{\% \text{nutrientes na ração}} \right]$$

de acordo com Nose (1966) e Maynard et al. (1984).

3.6 Análises estatística

O delineamento experimental utilizado foi o de bloco ao acaso, com três tratamentos (tipos de processamento da ração), sendo que cada bloco foi composto por seis unidades experimentais (duas repetições por tratamento por período de coleta). Os animais foram distribuídos em 6 (seis) tanques de digestibilidade, conforme descrito anteriormente, com 100 (cem) peixes em cada tanque, e cada tanque foi considerado como unidade experimental.

Cada tratamento, correspondente a seis parcelas variáveis no tempo, recebeu a dieta experimental contendo óxido crômico (1%) nos horários pré fixados (8:30, 12:00 e 17:00 horas), sem restrição de quantidade ingerida. Na primeira e segunda repetição, essa dieta foi fornecida durante um período de 11 (onze) dias; na terceira e quarta repetição por 13 (treze) dias e na quinta e sexta repetição por 6 (seis) dias.

Para as análises estatísticas, foi utilizado o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas) proposto por Euclides (1983), utilizando-se o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{kij} = \mu + t_i + b_j + e_{kij};$$

Y_{kij} = observações relativas à digestibilidade referente à ração i na repetição k no bloco j ;

μ = média geral;

t_i = efeito da ração i , com $i = 1,2,3$;

b_j = efeito do período j , com $j = 1,2,3$;

e_{kij} = erro experimental associado à observação Y_{ij} , com $k = 1,2,3,4,5,6$ e $j = 1,2,3$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros físico-químicos

4.1.1 Oxigênio

O teor médio de oxigênio dissolvido na água (Quadro 2B-anexo), no decorrer do período experimental, sofreu uma variação de 5,54 mg/l a 5,87 mg/l (manhã) e 5,52 mg/l a 5,79 mg/l (tarde); de 5,55 mg/l a 5,75 mg/l (manhã) e 5,24 mg/l a 5,63 mg/l (tarde); e de 5,67 mg/l a 5,84 mg/l (manhã) e 5,18 mg/l a 5,79 mg/l (tarde) para o tratamento 01 (ração passada na máquina de moer), tratamento 02 (ração peletizada) e tratamento 03 (ração extrusada), respectivamente.

A média geral para cada tratamento foi de 5,68 mg/l (tratamento 01), 5,56 mg/l (tratamento 02) e 5,62 mg/l (tratamento 03), que podem ser consideradas como um bom teor para os peixes, estando bem acima do mínimo recomendado, conforme Gruber (1960). Segundo Boyd (1982), os peixes respondem à tensão de oxigênio da água, que é dependente da temperatura, já que a associação ou a dissociação da hemoglobina com o oxigênio é governada pela tensão de oxigênio. Não houve relação entre o nível de oxigênio dissolvido e a digestibilidade da proteína bruta (PB), matéria seca (MS) e energia bruta (EB) na dieta. Os valores encontrados estão dentro dos limites aceitáveis para espécies de peixes tropicais (Boyd, 1982).

4.1.2 Temperatura.

A variação da temperatura média dos seis tanques de digestibilidade, aferidas na altura média dos coletores de fezes, está apresentada no quadro 1B-anexo. No período da manhã (7:30 horas), os valores oscilaram entre 24,47° a

24,78°C para o tratamento 01; 24,50° a 24,77°C para o tratamento 02 e 24,49° a 24,78°C para o tratamento 03, e no período da tarde (16:00 horas), e os valores oscilaram entre 25,36° a 25,63°C para todos os tratamentos; apresentando a temperatura média dos tanques de digestibilidade, durante o experimento, de 25,08°C.

Cyrino e Kubitza (1996) afirmam que espécies de clima tropical necessitam de uma temperatura média da água acima de 25°C, portanto, essa variável não deve ter influenciado no desenvolvimento dos peixes durante o experimento.

4.1.3 Potencial hidrogeniônico

O quadro 3B-anexo mostra a variação do pH na água dos tanques de digestibilidade, observada durante o período experimental.

Os valores médios de pH variaram de 6,41 a 6,75. Essa pequena variação foi devida à atividade de vegetais e microorganismo na represa de abastecimento de água, que são fatores que alteram o pH; no entanto, os valores se mantiveram constantes entre as médias dos tratamentos (pH 5,9), encontrando-se dentro dos limites aceitáveis para os peixes.

Swingle (1969,) citado por Boyd (1982), atribui uma faixa ideal de pH entre 6,5 a 9,0 para um bom crescimento dos peixes.

4.1.4 Amônia (NH₃)

O valor médio de amônia foi de 0,16 ($\pm 1,0$) mg/litro de água durante o experimento (Quadro 3B-anexo), sendo adequado para o desenvolvimento da espécie, segundo Tavares et al. (1995), ao concluírem que a concentração de amônia para o crescimento dos peixes não deve ultrapassar 2,0 mg/l de água quando a sua exposição aos peixes for por período prolongado.

Lucas (1993) atribui uma faixa de tolerância da amônia entre 0,5 mg/l a 2,0 mg/l de água.

4.2 Resultados de digestibilidade aparente dos processamentos da ração basal.

Os valores de digestibilidade aparente das rações, peletizadas, extrusadas e processada na máquina de moer, relativos aos coeficientes da matéria seca (CDMS), da proteína bruta (CDPB) e energia bruta (EB), determinados pelo método de Cr_2O_3 , estão apresentados na tabela 1 A (anexo).

Comparando-se as médias dos tratamentos das variáveis estudadas através do teste Student Newman Keuls (SNK), verificou-se que houve diferenças significativas ($P < 0,05$) do tratamento 1 (ração processada na máquina de moer) com relação aos tratamentos 2 (ração peletizada) e 3 (ração extrusada), sendo que as médias dos tratamentos 2 e 3 não diferem entre si ($P > 0,05$).

TABELA 05. Coeficiente de digestibilidade aparente média, em %, dos lotes de piau de cada tratamento, ao final do ensaio.

Tratamentos (Rações)	Médias (1)		
	CDMS (%)	CDPB (%)	EB (%)
Máquina de moer	95,42 ^a ± 0,38	64,56 ^b ± 2,30	81,94 ^b ± 0,76
Peletizada	93,20 ^a ± 0,29	71,20 ^a ± 1,57	86,43 ^a ± 0,36
Extrusada	93,64 ^a ± 1,42	72,48 ^a ± 1,10	85,85 ^a ± 0,21

(1) Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente pelo teste Student Newman Keuls-SNK ($P < 0,05$).

Os valores de matéria seca digestível obtidos neste trabalho para as rações peletizada, extrusada e processada na máquina de moer não diferiram significativamente entre si pelo teste de SNK, e foram superiores aos citados por Oliva-Teles (1994), sendo 77.2% MS (Farelo de soja extrusado). Entretanto, o coeficiente de digestibilidade da matéria seca apresentado pela rações extrusada, peletizada e processada na máquina de moer foram semelhantes aos encontrados para a carpa capim (*Cyprinus carpio*) por Kirchgessner, Kürzinger e Schwarz (1986). O mesmo teste revelou haver diferenças significativas para energia bruta e proteína bruta quanto aos processamentos das rações. Os coeficientes de digestibilidade de proteína e energia para as dietas peletizada e extrusada foram significativamente mais altos ($P < 0,05$) do que para os pias verdadeiro alimentados com dieta processada na máquina de moer. Não houve diferença significativa para digestibilidade de energia e proteína entre as rações extrusada e peletizada. O coeficiente de digestibilidade de proteína bruta foi inferior ao apresentado por Fernandes et al. (1998) para o farelo de soja, os quais encontraram, com o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), 79,20% PB. Os valores do coeficiente de digestibilidade de energia das rações experimentais foram semelhantes aos encontrados com truta arco-íris por Oliva-Teles (1994), que obteve valores entre 86,80 e 88,90%, com exceção da ração processada na máquina de moer, que mostrou-se inferior.

Os resultados deste ensaio foram contraditórios aos encontrados em outras referências em que o processo de extrusão apresenta coeficientes de digestibilidade superiores aos demais processamentos. Mas, de acordo com Oliva-Teles et al. (1994), a digestibilidade pode variar em função do processamento, especialmente com relação à quantidade de temperatura utilizada na obtenção do produto. Fato também confirmado por Pike, Dorsdottir e Mundheim (1990) quando citam que um processamento inadequado pode implicar em uma menor digestibilidade dos nutrientes quando se utiliza a

extrusora, uma vez que sua regulação é específica para a mistura que compõe a ração. No caso, apenas uma pequena quantidade da ração experimental utilizada foi processada, não sendo suficiente para a regulação perfeita das condições de produção da extrusora usada.

Um fator importante a se considerar é o efeito da interação entre a temperatura e o processo de produção utilizado para fabricar as dietas. Segundo Ciacco e Cruz (1982), o aquecimento de uma suspensão aquosa de amido provoca a sua gelatinização. Com a quebra de pontes de hidrogênio, o grânulo começa a inchar e a amilose é lixiviada do grânulo, ocorrendo aumento na solubilidade do amido. A faixa de temperatura de gelatinização do amido está em torno de 62° a 72°C. A eficiência da hidrólise enzimática também depende da gelatinização do amido.

Durante o processo de peletização, a temperatura foi verificada numa frequência de 15 minutos, apresentando uma média de 52°C fora da peletizadora. Somente o atrito mecânico ocasionou o aquecimento da ração dentro da peletizadora.

A temperatura de gelatinização (42°C) do amido do milho que compõe a ração experimental, verificada no Viscoamilógrafo Brabender, foi inferior à citada por Ciacco e Cruz (1982), que obtiveram a faixa de temperatura de 62° a 72°C. As características do amido podem ter sido influenciadas pela natureza heterogênea da mistura do material (milho, farelo de soja, farinha de peixe, etc.), o que ocasionou a diminuição da temperatura de gelatinização do amido presente na dieta experimental.

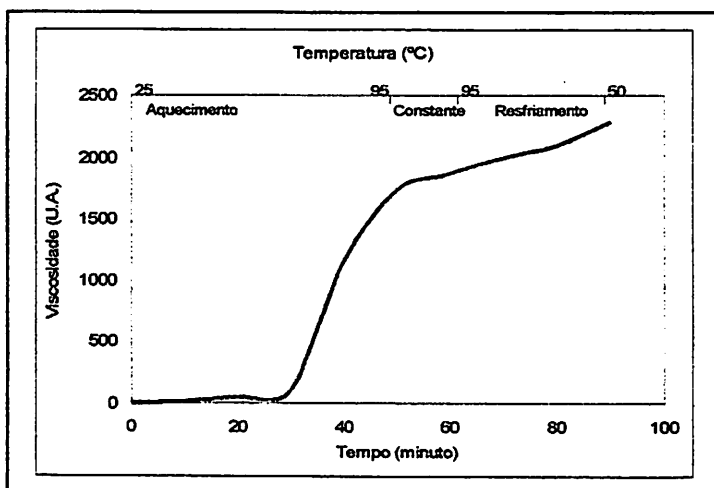


FIGURA 03. Amilograma obtido com a ração experimental não processada determinada pelo Viscoamilógrafo Brabender.

Butteworth e Fox (1963), Eggum (1970) e Morris e Balloun (1971) e Ferreira (1995) concluíram que o processamento adequado pode melhorar a digestibilidade do amido, proteína e a disponibilidade de minerais, em especial a temperatura utilizada na obtenção do produto.

Entretanto, o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína e energia da ração experimental, quando utilizou o processo de extrusão para produzir o pelete da ração experimental, não diferenciou significativamente ($P < 0,05$) dos resultados da peletização. Segundo Coelho (1988), os valores de proteína e energia digestível da ração peletizada e da extrusada estão associados à instabilidade do extrusor, como problemas de compactação da mistura na entrada do alimentador, desuniformidade do fluxo, umidade, regulagem da temperatura e pressão. Estes resultados também foram confirmados por Andriquetto et al. (1990) quando citam que as variações nos valores de digestibilidade dos nutrientes nos subprodutos de origem animal estão

relacionados com a variedade da matéria prima utilizada e com o processamento de obtenção. O mais importante desses fatores é a aplicação de alguma forma de tratamento térmico.

De acordo com Ascheri (1995), as características funcionais dos amidos podem ser alteradas pelas condições de extrusão, dependendo dos parâmetros operacionais do processo (conteúdo de unidade inicial, temperatura do extrusor, rotação da rosca, diâmetro da matriz, fluxo de massa e configuração da rosca); dos parâmetros do sistema, como o grau cisalhamento, a temperatura do produto, o tempo de resistência e a pressão do sistema; e dos parâmetros estruturais que estão relacionados à matéria prima. Essas variáveis são responsáveis pela extensão da quebra estrutural do amido, a qual depende, entre outros fatores, do comportamento da solubilidade e viscosidade do produto extrusado. Os parâmetros operacionais e estruturais do sistema, envolvidos no processo de extrusão, determinam reações muito complexas que possibilitam uma diferenciação limitada entre a influência das variáveis, individualmente, nas mudanças das características finais do amido extrusado.

As características físicas e químicas do material a ser extrusado influenciam diretamente a regulagem da extrusora durante o processo de extrusão ao qual será submetida. Ascheri (1995), usando extrusor Brabender de rosca única, à temperatura constante de 250°C, verificou que a baixo conteúdo de umidade, as mudanças na rotação da rosca não resultaram em mudanças no grau de gelatinização do amido de milho; mas à medida que o conteúdo de umidade da matéria prima aumentou, o efeito da rotação da rosca tornou-se mais crítico, e aumentos relativamente pequenos na rotação resultaram em aumento no grau de gelatinização, evidenciado pelo abaixamento da viscosidade da pasta a quente. À baixas rotações foram obtidos graus de gelatinização mínimos, a temperaturas de 145 - 205°C.

Porém, convém destacar que uma ração bem processada, quando peletizada, mantém-se estável na água por um prazo mínimo de 20 minutos. À relação custo/benefício torna a ração peletizada mais viável economicamente, embora há uma maior dificuldade no manejo alimentar e na conservação da qualidade da água.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado o experimento, pode-se estabelecer as seguintes conclusões:

1. Os processamentos de extrusão e peletização aos quais foi submetida a ração basal foram responsáveis pelo maior valor dos coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (PB) e energia bruta (EB), verificando que o grau de tratamento térmico melhora a digestibilidade e a disponibilidade dos nutrientes.
2. Os parâmetros físico-químicos da água dos tanques de digestibilidade apresentaram valores dentro dos exigidos para o cultivo de piauí verdadeiro (*Leporinus elongatus*), não influenciando os resultados encontrados ao final do ensaio.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- †> ANDERSON, J.; JACKSON, A.J.; MATTY, A.J.; CAPPER, B.S. **Effects of dietary carbohydrates and fibre on the tilapia, *Oreochromis niloticus*(LINN).** Aquaculture, Amsterdam, v.37, p.303-314, 1984.
- ANDERSON, BY J.; CAPPER, B.S.; BROMAGE, N.R. **Measurement and prediction of digestible energy values in feedstuffs for the herbivorous fish tilapia(*Oreochromis niloticus*, LINN).** British Journal of Nutrition, Cambridge, v.66, p.37-48, 1991.
- ANDRIGUETTO, P; MINAR, G.; FLEMING, S.; BONA, F. **Nutrição Animal.** 4.ed., São Paulo: Nobel, 1990. 395p.
- ASCHERI, J.L.R. **Extrusão termoplástica de alimentos.** Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de alimentos(UFRRJCTAA- EMBRAPA), 1995. 33p.
- AUSTRENG, E. **Digestibility determination in fish using chromic oxid marking and analysis of contents from different segments of the gastrointestinal tract.** Aquaculture, Amsterdam, v.13, p.265-272, 1978.
- BARBOSA, N.D.C. **Níveis de proteína bruta e proporções de proteína de origem animal em dietas para o desenvolvimento de piapara(*Leporinus elongatus*, CUV & VAL, 1864).** Jaboticabal-SP: UNESP, 1996. 52p. (Tese - Doutorado em Produção Animal).
- BERGOT, F.; BREQUE, J. **Digestibility of starch by rainbow trout: Effects of the physical state of starch and of the intake level.** Aquaculture, Amsterdam, v.34, p.203-212, 1983.
- BOYD, C.E. **Water quality managements for pond fish culture: development in aquaculture and fisheries science.** New York: Elsevier, 1982. v.9, 730p.
- BUTTERWORTH, M.H.; FOX, H.C. **The effectes of heay treatment in the nutrient value of chemical methods.** British Journal of Nutrion, Cambridge, v.17, p.445-452, 1963.

- CARNEIRO, D.J.; CHAIM, S.H.S.; DIAS, T.C.R. **Efeito do processamento das dietas comerciais sobre o desenvolvimento produtivo do pacu, *Piaractus mesopotamicus*(Holmberg,1887).** In: ENCONTRO NACIONAL DE AQUICULTURA, 2., 1992, Peruíbe-SP. Resumos... Peruíbe, SP: Associação Brasileira de Aquicultura, 1992. p.44-51.
- CHO, C.Y. **La energía en la nutrición de los peces.** In: Nutricion en acuicultura II. Ontário, p. 197-247, 1987.
- CHO, C. Y.; SLINGER, S. J.; BAYLER, H. S. **Bioenergetics of salmonid fishes: Energy intake, expenditure and productivity.** Comparative Biochemistry and Physiology, Elmsford, v.73B, p.25-41, 1982.
- CIACCO, F. C.; CRUZ, R. **Fabricação de amido e sua utilização.** São Paulo: Fundação Tropical de Pesquisa e Tecnologia, 1992. 151p. (Série Tecnologia Agroindustrial).
- COELHO, V. L. **Efeito da temperatura e teor de umidade nas características físicas e físico-químicas de produtos extrusados de farinha de milho e de uma mistura de 70% de farinha de milho, 15% de farinha desengordurada de soja e 15% de farelo de trigo.** Lavras: ESAL, 1988. 90p. (Dissertação - Mestrado em Ciências dos Alimentos).
- CYRINO, J.E.P.; KUBTIZA, F. **Piscicultura.** Local: SEBRAE, 1996. 82p. (Coleção Agroindústria, 08).
- DE LA NOUE, J., CHOUBERT. G. **Apparent digestibility of invertebrate biomasses by rainbow trout.** Aquaculture, Amsterdam, v.50, p.103-112, 1985.
- DE SILVA, S. S.; PERERA, M.K. **Digestibility in *Sarotherodon niloticus* fry: effect of dietary protein level and salinity with further observations on variability in daily digestibility.** Aquaculture, Amsterdam, v.38, p.293-306, 1984.
- DE SILVA, S. S.; SHIM, K.F.; KHIM ONG, A. **Na evaluation of the method used in digestibility estimations of a dietary ingredient and comparisons on external and internal markers, and time of faeces collectin in digestibility studies in the fish, *Oreochromis niloticus*(Steindachner).** Reproduction, Nutrition, Development, Paris, v.30, p.215-226, 1990.

EDIN, H. **Orienterande försök över användbarheten av en pa "ledkroppsprincipen" grundad metod att bestämma en foderblandings smältbarhed.** Centralanstalten för försöksväsendet pa jordbruksomradet. Stockholm, Nr. 165, p.1-28, 1918.

EGGUN, B.O. **Evaluation of protein quality of feather meal under different treatments.** Acta Agricultural Scandinave, Stockholm, v.20, p.230-234, 1970.

EUCLIDES, R.F. **Manual de utilização do programa S.A.E.G.(Sistema para Análises estatísticas e Genéticas).** Viçosa, MG: UFV, 1983, 59p.

FERNANDES, J.B.K.; CARNEIRO, D.J.; SAKOMURA, N.R.; VIEGAS, E.M.M. **Fontes e níveis de proteína bruta para alevinos e juvenis de pacu(*Piaractus mesopotamicus*).** In: AQUICULTURA BRASIL '98. Recife. Resumos... Recife: Associação Brasileira de aquicultura, 1998. p.10.

FERNÁNDEZ, F.; MIGUEL, A.G.; CUMPLIDO, L.R.; GUINEA, J.; ROS, E. **Comparisons of faecal collection methods for digestibility determinations in gilthead sea bream.** Journal of Fish Biology, London, v.49, p.735-738, 1996.

FERRARIS, R. P.; CATA CUTAN, M. R.; MABELIN, R. L.; JAZUL, A. P. **Digestibility in milkfish, *Chanos chanos* (Forsskal): effets of protein source, fish size and salinity.** Aquaculture, Amsterdam, v.59, p.93-105, 1986

FERREIRA, E.R.A. **Composição química e valores de digestibilidade da proteína e energia de alguns alimentos para suíno.** Lavras: UFLA, 1995. 50p. (Dissertação - Mestrado em Nutrição Animal - Suínos).

FURUYA, W.M.; SOARES, S.; FURUYA, V.R.B.; HAYASHI, C.; RIBEIRO, R.P. **Dietas peletizadas e extrusada para tilápia do Nílo(*Oreochromis niloticus*), no período de terminação.** 1997.

GRADIENT, M.; FENSTER, R. **Stability of ascorbic acid and other vitamins in extruded fish feeds.** Aquaculture, Amsterdam, v.124, p.207-211, 1994.

▷ GRUBER, R. **Consideration sur l'amélioration des rendemen in pisciculture congolaise.** Bull, Congo Belea, v.51, n.1, p. 139-157, 1960.

INABA, D.; OGINO, C.; TAKAMATSU, C.; SUGANO, S.; HATA, H. **Digestibility of dietary components in fishes - I. Digestibility of dietary proteins in rainbow trout.** Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, Hakodate, v.28, n.3, p.367-371. 1962.

INABA, D.; OGINO, C.; TAKAMATSU, C.; UEDA, T.; KUROKAWA, K. **Digestibility of dietary components in fishes - II. Digestibility of dietary protein and starch in rainbow trout.** Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, Hakodate, v.40, p. 651-653, 1963.

JAYARAM, M.G.; SHETTY, H.P.C. **Formulation, Processing and water stability of two new pelleted fish feeds.** Aquaculture, Amsterdam, v.23, p.355-359, 1981.

KIRCHGESSNER, M.; KÜRZINGER, H.; SCHWARZ, F.J. **Digestibility of crude nutrients in different feeds and estimation of their energy content for carp (*Cyprinus carpio* L.).** Aquaculture, Amsterdam, v.58, p.185-194, 1986.

→ KUBTIZA, F. **Nutrição e alimentação dos peixes cultivados.** Campo Grande-MS, 1998. 108p.

LIED, E.; JULSHAMN, K.; BRAEKKAN, O. R. **Determination of protein digestibility in Atlantic cod (*Gadus morhua*) with internal and external indicators.** Canadian Journal Fisheries and Aquatic Science, Ottawa, v.39, p.854-861, 1982.

LIENER, I.E. **Toxic constituents of plant foodstuffs.** New York: Academic Press, 1981, 502p.

LOVELL, R.T. **Digestibility of nutrients in feedstuffs for catfish.** In: R.R. Stickney and R.T. Lovell (Editors), Nutrition and feeding of Channel Catfish. South. Coop. Ser., Bull. 218, p.33-37, 1977.

LOVELL, R.T. **Energy.** Commercial Fish Farmer and Aquaculture News. Little Rock, v.2, n.4, p.40-41, 1976.

LUCAS, A.F.B. **Química de água.** Pirassununga: CEPTA/IBAMA, 1993. 18p.

MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. **Nutrição animal.** 3. ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 726p.

McDONALD, P.; EDWARDS, R.A.; GREENHALGH, M.A. **Nutrição animal.** Zaragoza: Acribia, 1975. 462p.

MORRIS, W.C.; BALLOUIN, L.N. **Effect of processing methods on the utilization of hidrolized feather meal broilers.** Poultry Science, Champaign, v.50, n.5, p.1609-1610, 1971.

NOSE, T.. **Determination of nutritive value of food protein on fish. I. On the determinatin of food protein utilization by carcass analysis** Bulletin of the Fresh Fisheries Research Laboratory, Tokyo, v.11, p.29-42, 1961.

NOSE, T. **On the digestion of food protein by gold-fish(*Carassius auratus* L.) and rainbow trout(*Salmo gairdneri*).** Bulletin of the Fresh Fisheries Research Laboratory, Tokyo, v.17, p.97-105, 1960.

→ NOSE, T. **Protein digestibility of brown fish meal in raibow trout.** Bulletin of the Fresh Fisheries Research Laboratory, Tokyo, v.15, n.2, p.213-224, 1966.

→ NOUE, de la J.; CHOUBERT, G.; PAGNIEZ, B.; BALNC, J. M.; LUQUET, P. **Digestibility in raibow trout(*Salmo gardnerie*) after adaptation to a new dietary regime.** Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, Ottawa, v.37, p.2.218-2.224, 1980.

NRC(National research Council). **Nutrient requirements of fish.** National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA, 1993.

NRC(National research Council). **Nutrient requirements of coldwater fishes. Nutrient requirements of domestic animals, 16.** National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA, 1973.

NRC(National research Council). **Nutrient requirements of trout, Salmon, and catfish. Nutrient requirements of domestic animals, 11.** National Academy of Sciences, Washington, D.C., USA, 1981.

OLIVA-TELES, A.; GOUVEIA, A. J.; GOMES, E.; REMA, P. **The effect of different processing treatments on soybean meal utilization by raibow trout, *Oncorhynchus mykiss*.** Aquaculture, Amsterdam, v.124, p.343-349, 1994.

PEZZATO, L.E. **Ração de qualidade gera melhor resultado.** In: Alimentação animal. Ano 2, n.5, p.26-28, 1997.

- PHILLIPS, A.M.; TUNISON, A.V.; BROCK WAY, D.R. **The utilization of carbohydrates by trout.** Fisheries Research Bulletin, New York, v.11, p.1-44, 1948.
- PIKE, I. H.; DORSDÓTTIR, G.; MUNDHEIM, H. **The role of fish meal in diets for salmonids.** Inst. Assoc. Fish Meal Manufacturers, UK, n° 24, 1990, 35p.
- ROSTAGNO, H.S.; SILVA, D.J.; COSTA, P.M. A. FONSECA, J.B.; SOARES, P.R.; PEREIRA, J. A. A.; SILVA, M.A. **Exigências nutricionais de aves e suínos(Tabelas brasileiras).** Viçosa, MG: UFV, 1994. 61p.
- SHIAU, S.Y.; HUANG, S.L. **Influence of varying energy levels with two protein concentrations in diets for hybrid tilapia(*Oreochromis niloticus* X *O. aureos*) reared in seawater.** Aquaculture, Amsterdam, v.91, p.143-152, 1990.
- SHIAU, S.Y.; LIANG, H.S. **Carbohydrate utilization and digestibility by tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureos*, are affected by chromic oxide inclusion in the diet.** American Institute of Nutrition, v.27, p.976-982, 1994.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos(Métodos químicos e biológicos).** Viçosa, MG: UFV, 1981. 166p.
- SINGH, R.P.; NOSE, T. **Digestibility of carbohydrates in young rainbow trout.** Bulletin of the Fresh Fisheries Research Laboratory, Tokyo, v.17, p.21-25, 1967.
- SMITH, R.R. **A method for measuring digestibility and metabolizable energy of fish feeds.** Progressive Fisheries - Culturist, Bethesda, v. 33, p.132-134, 1971.
- SMITH, R.R.; WINFREE, R.A.; RUMSEY, G.W.; ALLRED, A.; PETERSON, M. **Apparent digestion coefficients and metabolizable energy of feed ingredients for rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*.** Journal of the world aquaculture society, Baton Rouge, v.34, n.4, p.432-437, 1995.
- SMITH, B.W.; LOVELL, R.T.. **Determination of apparent protein digestibility in feeds for channel catfish.** Transaction of the American Fisheries Society, Bethesda, v.102, n.4, p.831-835, 1973.

ANEXOS

TABELA 1A	Resumo da análise de variância dos dados referentes à CDMS, CDPB e EB.....	51
-----------	---	----

TABELA 1A. Resumo da análise de variância dos dados referentes à CDMS, CDPB e EB.

CV	GL	QM		
		CDMS	CDPB	EB
Entre Tratamentos	2	8,26	108,49	35,76
Bloco	2	12,49	15,66	0,90
Dentro de tratamentos	13	3,26	18,26	1,58
Total	17			
CV (%)		1,92	6,16	1,49

QUADRO 1B	Temperatura da água dos tanques de digestibilidade registradas durante o experimento.....	53
QUADRO 2B	Medidas de oxigênio dissolvido (O₂D) dos tanques de digestibilidade.....	53
QUADRO 3B	Parâmetros hidrológicos (NH₃ e pH) da água dos tanques de digestibilidade.....	54

QUADRO 1B. Temperatura dos tanques de digestibilidade

Repetições	Temperaturas (°C)					
	Tratº 01		Tratº 02		Tratº 03	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
01	24,76	25,37	24,76	25,37	24,77	25,37
02	24,78	25,37	24,77	25,37	24,78	25,37
03	24,47	25,58	24,50	25,55	24,49	25,55
04	24,50	25,55	24,50	25,55	24,50	25,55
05	24,70	25,63	24,70	25,63	24,70	25,63
06	24,65	25,60	24,65	25,60	24,65	25,60
Média	24,64	25,52	24,65	25,51	24,64	25,51

QUADRO 2B. Medidas de oxigênio dissolvido (DO₂) dos tanques de digestibilidade

Repetições	Oxigênio dissolvido (mg/l)					
	Tratº 01		Tratº 02		Tratº 03	
	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde	Manhã	Tarde
01	5,67	5,79	5,72	5,63	5,77	5,79
02	5,54	5,59	5,75	5,53	5,67	5,44
03	5,87	5,52	5,71	5,36	5,71	5,54
04	5,84	5,75	5,55	5,24	5,84	5,18
05	5,70	5,65	5,65	5,55	5,70	5,55
06	5,69	5,60	5,66	5,45	5,68	5,60
Média	5,71	5,65	5,67	5,46	5,73	5,52

QUADRO 3B. Parâmetros hidrológicos (NH₃ e pH) da água do tanque de digestibilidade

Repetições	Trat° 01		Trat° 02		Trat° 03	
	NH ₃ (mg/l)	pH	NH ₃ (mg/l)	pH	NH ₃ (mg/l)	PH
01	0,15	6,61	0,17	6,62	0,16	6,65
02	0,17	6,69	0,17	6,75	0,16	6,63
03	0,21	6,65	0,23	6,58	0,18	6,65
04	0,20	6,69	0,18	6,70	0,22	6,65
05	0,11	6,41	0,13	6,49	0,09	6,43
06	0,10	6,49	0,11	6,38	0,10	6,45
Média	0,16	6,59	0,17	6,59	0,15	6,58

