

RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO PACU (*Piaractus mesopotamicus*), ALIMENTADO COM RAMA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*) NA RAÇÃO

DELMA MACHADO CANTISANI PADUA,¹ PAULO CÉSAR SILVA,² JOÃO TEODORO PÁDUA² E ELISABETH CRISCUOLO URBINATI³

1. Professora doutora, Departamento de Zootecnia da Universidade Católica de Goiás. E-mail: delma@ucg.br
2. Professor doutor, Departamento de Produção Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás
3. Professora doutora, Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de mandioca, disponibilizando a rama de mandioca como fonte alternativa na alimentação de peixes onívoros. No entanto, o potencial de uso da rama é limitado pela toxidez do ácido cianídrico. Objetivou-se avaliar a resposta fisiológica do pacu alimentado com níveis crescentes da rama de mandioca. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado, em fatorial 4x2, quatro níveis de rama de mandioca (RM) (0%, 12%, 24% e 36%) e dois níveis de proteína bruta (PB) (24% e 30%) com três repetições. Trezentos e doze peixes (55,33±6,19 g) foram distribuídos em 24 viveiros de 13 m² cada. A RM influenciou

a taxa de hemoglobina (P<0,01). Ocorreu interação entre RM e PB para as variáveis hemoglobina, hematócrito, proteína plasmática (P<0,01) e lipídio plasmático (P<0,05). Com 24% de PB foi observado maior valor de Hb nos tratamentos controle (3,51 g/dl) e 36 % de RM (3,25 g/dl), enquanto que, com 30 % de PB, os tratamentos controle e 36 % de RM apresentaram os menores valores, 3,29 g/dl e 2,78 g/dl, respectivamente. Comportamento semelhante foi observado no Ht. As alterações metabólicas observadas evidenciaram que a utilização de até 36% do terço final da RM processado é uma alternativa na alimentação do pacu em crescimento.

PALAVRAS-CHAVES: Metabolismo de peixe, pacu, *P. mesopotamicus*, rama de mandioca.

ABSTRACT

PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF PACU (*Piaractus mesopotamicus*), FED CASSAVA (*Manihot esculenta*) FOLIAGE IN DIETS

Brazil is the largest world producer of cassava. Leaf and stem of cassava can be a alternative source of protein for omnivorous fish. However, the potential use is limited by the presence of high level of cyanide acid. The present study evaluated physiological responses of juvenile pacu submitted to increasing levels of the final third of the cassava foliage meal in diets. A completely randomized design was used in factorial scheme 4x2, four levels, 0, 12, 24 and 36 % of cassava foliage meal (CFM), and 2 levels of crude protein (CP), 24 % and 30 %, with three replicates. Three hundred twelve fish (55.33±6.19 g) were distributed into 24 ponds of 13 m². Results indicated that the levels of CFM inclusion

affected the hemoglobin values (P<0.01), as well as the CP level (P<0.05), with interaction of these factors (P<0.01). Significant interaction among the CFM levels and CP was also observed for hematocrit, plasma protein (P<0.01) and plasma lipid (P<0.05). In the 24 % CP level was observed higher values of Hb in control and 36 % of CFM (3.51 g/dl and 3.25 g/dl respectively) while with 30 % CP the control diet and 36 % CFM presented the smallest values (3.29 g/dl and 2.78 g/dl respectively). The higher level of CFM tested, inside of any protein level, had low influence on the pacu metabolism.

KEY WORDS: Cassava leaf and stem fish metabolism, pacu, *P. Mesopotamicus*.

INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de mandioca, *Manihot esculenta*, Crantz, apesar do cultivo pouco tecnificado e de ser utilizada quase que exclusivamente na alimentação humana (AFONSO NETO, 1987). O fato de a planta da mandioca apresentar características que possibilitem sua utilização total fornecendo energia, suplemento proteico e fibra é bem conhecido, mas pouco explorado (TELES, 1987).

A produção de peixe de água doce no Brasil tem aumentado significativamente nos últimos anos. No Estado de Goiás, não tem sido diferente, graças às novas tecnologias que geram alta produção por área, bem como rápido retorno de capital. A alimentação é o item mais representativo no cultivo intensivo ou semi-intensivo de peixes, podendo ultrapassar 60% dos custos totais de produção, o que justifica os esforços de se entender os princípios de alimentação em peixes.

Os peixes apresentam alta exigência proteica devido à adaptação evolutiva a dietas com alto conteúdo proteico e gastam pouca energia ao desintoxicar os produtos do metabolismo proteico, eliminando diretamente como amônia 90% dos resíduos nitrogenados (ROMERO, 1994). Isto, associado a uma habilidade limitada em utilizar carboidratos, é do ponto de vista nutricional uma das principais diferenças entre peixes e outros animais onívoros (CHRISTIANSEN & KLUNGSOYR, 1988; URBINATI & SECATO, 1990; PIRES et al., 1991). A massa muscular dos peixes é, provavelmente, o que explica a importância estratégica da proteína como combustível energético (WEATHERLEY & GILL, 1989).

A farinha de peixe é um concentrado proteico de alto valor no mercado, em virtude da baixa disponibilidade, além de oferta sazonal e de valor nutricional susceptível a variações, o que não assegura sua qualidade. Por isso, produtos alternativos na dieta são objetos de pesquisa, podendo, segundo TACON (1993), ser obtidos pela utilização crescente de subprodutos vegetais, para superar o desbalanceamento em nutrientes, combinando fontes de ingredientes complementares, ou pela suplementação direta do nutriente.

A composição química da rama de mandioca é variável, dependendo do cultivar, idade da planta, local e época de colheita. Na literatura foram encontrados valores médios de: 20% de PB; 32% de fibra bruta (FB), 1,70% de Ca; 0,15% de P; 14,74% de carboidratos solúveis; 90,8% de matéria seca (MS) (GRAMACHO, 1973; BATISTA et al., 1984; OLIVEIRA et al., 1984; CARVALHO et al., 1985). Para a folha da mandioca seca, MONTALDO (1977) registrou teor de 25 % de PB, ressaltando que esse valor é extremamente alto para um planta não leguminosa.

Apesar da riqueza em nutrientes, o potencial de uso do terço final da planta da mandioca é limitado pela presença de alto teor de ácido cianídrico (HCN), sendo este superior ao das raízes. O glicosídeo cianogênico presente em toda a planta da mandioca, em hidrólise, produz glicose, cetona e principalmente HCN, cuja ingestão ou mesmo inalação constitui sério risco à saúde. Este composto inibe grande número de enzimas, particularmente a oxidase terminal na cadeia respiratória. O consumo de alimentos que contêm grande quantidade de glicosídeos cianogênicos não só resulta em morte ou efeitos neurológicos crônicos, mas também tem provocado inibição da penetração de iodo na glândula tireoide. O envenenamento por cianeto é, portanto, o maior risco no consumo da mandioca, sobretudo de suas folhas (TELES, 1987).

Várias técnicas de processamento (parte aérea fenada em forma de farelo ou farinha), visando à eliminação do glicosídeo cianogênico, são utilizadas. Com a trituração, secagem e moagem, a enzima linamarase entra em contato com o glicosídeo cianogênico (linamarina) liberando o ácido cianídrico por volatilização, ficando, em muitos casos, abaixo dos níveis tóxicos (CARVALHO & KATO, 1987). O método mais comum é deixar que as enzimas endógenas, após maceração, promovam a liberação do HCN, necessitando, portanto, maior tempo de secagem e aeração, como concluíram diversos autores em estudos sobre o assunto (TELES, 1972; COOKE & MADUGWU, 1978; CARVALHO, 1984).

Alguns pesquisadores que utilizaram farinha de folha de mandioca na alimentação animal observaram resultados similares, sendo o cresci-

mento inversamente proporcional ao acréscimo dessa fonte na dieta. ROSS & ENRIQUEZ (1969) observaram queda no desempenho de galinhas e codornas alimentadas com dietas contendo 0%, 3%, 5%, 10%, 15% ou 20% de farinha de folha de mandioca, enquanto LEE & HUNTAGALUNG (1972) relataram que o consumo, ganho em peso e eficiência alimentar de leitões submetidos a dietas contendo 0%, 10% ou 20 % de rama de mandioca seca decresceram significativamente com o aumento desta fonte. NG & WEE (1989) estudaram a utilização de rama de mandioca seca como fonte proteica em dietas para tilápia e observaram decréscimo linear do desempenho produtivo com o aumento do nível da folha. Não foi observada mortalidade ou anormalidade morfológica, supondo-se que os resultados possam ser atribuídos à baixa digestibilidade do vegetal e à relação proteína:energia, ao se substituir a farinha de peixe por folha seca de mandioca.

O estudo da composição e função de componentes teciduais e do sangue do peixe permite o conhecimento de condições biológicas e bioquímicas normais e patológicas. Para tanto, é necessário delimitar as faixas normais de seus valores.

Nesse sentido, objetivou-se avaliar as respostas metabólicas do pacu, alimentado com rações contendo níveis crescentes do terço final da rama de mandioca processada.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Setor de Piscicultura da Universidade Federal de Goiás, de 25 de outubro de 1996 a 15 de março de 1997, totalizando 135 dias.

Para instalação do experimento, utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 4x2, sendo quatro níveis de inclusão do terço final da rama de mandioca, triturada e seca ao sol (0; 12; 24; 36%) e dois níveis proteicos (25 e 30% de proteína bruta), com três repetições.

Um lote de 312 juvenis de pacu (*P. mesopotamicus*), com peso inicial médio de 55,33±6,19 g, foi distribuído em 24 viveiros de 13 m² (dividiram-se oito viveiros de 40 m² em três partes iguais,

com tela de PVC, constituindo cada parcela), na densidade de um peixe/m².

Prepararam-se os viveiros com calagem e adubação antes de serem cheios, conforme procedimento de rotina em piscicultura (PADUA, 2001a).

Aferiu-se a temperatura da água dos tanques, diariamente, por volta das 8:00 e 16:00 horas. Semanalmente foram realizadas análises químicas de amostras de água de cada parcela, colhidas em ponto mediano de cada viveiro para monitoramento do pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, alcalinidade, amônia e transparência (SIPAÚBA-TAVARES, 1995).

Formularam-se oito dietas isocalóricas (2,8 kcal de energia digestível/g de ração) conforme o esquema fatorial 4x2. Os níveis proteicos e de energia bruta da dieta variaram conforme recomendações de CARNEIRO (1983) e CANTELMO et al. (1994) para o pacu (26 % PB e 2.600 kcal ED/kg ração). As rações foram umedecidas e peletizadas em máquina elétrica de moer carne. Procedeu-se a arraçamento três vezes ao dia, por volta das 8:00, 12:00 e 16:00 horas, seis dias na semana, *ad libitum*.

As análises bromatológicas dos ingredientes (Tabela 1) e das rações (Tabela 2) foram realizadas nos Laboratórios de Bromatologia da UFG e da UNESP/Jaboticabal, pelo esquema de Weende, segundo SILVA (1990).

Efetou-se o teste qualitativo para presença de cianeto na rama de mandioca *in natura*, triturada e seca ao sol, e nas rações com porcentagens crescentes de rama, no Centro de Pesquisa de Alimentos (CPA) da UFG, segundo a técnica de Guignard. Para esta técnica, prepararam-se papeis reativos com tiras de papel de filtro impregnadas em solução saturada de ácido pícrico, que, após secas, foram embebidas em solução de carbonato de sódio a 10%. Colocaram-se amostras em duplicata do material para a análise (1 g) em tubo de ensaio, às quais se adicionaram 10 ml ácido tartárico a 5 %. O tubo foi vedado com tampão de algodão, ao qual se fixou uma tira do papel reativo (picrato de sódio). A presença de heterosídeo cianogénico é indicada pela formação do ácido isopurpúrico, que em alguns minutos altera

a cor amarela do papel reativo para alaranjado a vermelho (Figura 1).

Analisaram-se as características bioquímico-sélicas utilizando-se *kits* do laboratório Doles Reagentes. A leitura colorimétrica foi medida em espectrofotômetro (E225D CELM) a 510 nm. Determinou-se a glicose (GL) por método enzimático, adicionando-se o plasma à solução tampão de fosfatos em pH 7,4 contendo glicose oxidase, peroxidase, 4-aminoantipirina (4-AAP) e p-hidroxibenzoato. O produto formado é de cor avermelhada e sua intensidade, diretamente proporcional à concentração de glicose (HENRY, 1996). Empregou-se o método do biureto para a determinação da proteína sérica total (PP). O reagente do biureto reage com a proteína do soro, formando um complexo de cor violeta, proporcional à concentração de proteína da amostra (GEISE & ANNINO, 1978). Os lipídios séricos totais (PL) foram determinados pelo método do sulfofosfovanilina. Os ácidos graxos liberados por hidrólise frente a ácido sulfúrico reagem com a vanilina, resultando em cor rósea proporcional à concentração de lipídios do soro (HENRY, 1996).

Determinou-se a hemoglobina (Hb) pelo método cianeto de meta-hemoglobina. A hemoglobina é oxidada por ferricianeto de potássio dando origem à hemiglobina. Esta combina com o cianeto de potássio formando cianeto de hemiglobina (estável), cuja intensidade da cor revela o teor de hemoglobina (HENRY, 1996). Para análise do hematócrito (Ht), foram utiliza-

dos capilares heparinizados, com amostras do sangue total centrifugadas a 5.000 rpm por cinco minutos, sendo o volume determinado por leitura com cartela padrão.

Na ocasião da colheita dos materiais biológicos, observaram-se a coloração e o tamanho do fígado, o desenvolvimento das gônadas, presença de gordura visceral, o grau de repleção do estômago e intestino, o tamanho e cor da vesícula biliar e baço, o aspecto e a cor das brânquias.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância conforme procedimentos GLM do programa computacional SAS (1996). Em caso de significância da análise de variância dos parâmetros pelo teste F, desdobraram-se os graus de liberdade para tratamentos, comparando-se as médias pelo teste de Tukey (5%). Além disso, submetem-se os diferentes parâmetros metabólicos estudados a uma análise de regressão sobre as taxas de inclusão de rama de mandioca, na qual as curvas foram comparadas pelo teste “t” de Student. Utilizou-se o seguinte modelo matemático para análise: $Y_{ijk} = \mu + I_i + P_j + (IP)_{ij} + e_{ijk}$, em que: Y_{ijk} = conjunto das variáveis dependentes; μ = média de todas as observações; I_i = efeito de inclusão de rama de mandioca i , sendo 1 (0), 2 (12%), 3 (24%) e 4 (36%); P_j = efeito do nível de proteína bruta j , sendo 1 (24%) e 2 (30%); $(IP)_{ij}$ = interação entre o nível de inclusão de rama de mandioca de ordem i e, nível de proteína bruta de ordem j ; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ijk} .

TABELA 1. Composição química aproximada dos ingredientes, expressa na base de 100% MS

Nutrientes	Ingredientes				
	Farinha de soja	Soja integral	Farinha de carne e ossos	Farinha de pena e vísceras	Rama de mandioca
Proteína bruta (%)	40,66	33,57	41,37	61,09	15,46
Extrato etéreo (%)	1,33	15,58	11,66	10,61	2,00
Matéria seca (%)	89,38	91,49	95,19	92,17	89,92
Fibra bruta (%)	4,83	6,72	1,57	0,7	20,46
Material mineral (%)	6,17	5,07	33,39	4,35	4,56

TABELA 2. Composição percentual das dietas experimentais preparadas com diferentes níveis de inclusão de rama de mandioca (0%, 12%, 24% and 36%), e níveis proteicos (24%; 30%).

Ingredientes (%)	Dietas*							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Farelo de soja	33.19	30.92	19.75	16.45	44.72	36.53	26.29	24.8
Farinha de carne e ossos	4.05	1.82	1.11	0.68	3.81	1.39	2.58	5.5
Farinha de pena e vísceras	2.00	4.61	10.20	12.00	2.33	8.53	13.43	12.00
Farinha de soja integral testurizada	2.00	2.00	5.00	5.00	2.00	2.00	3.00	4.00
Farelo de milho	50.78	47.36	38.34	26.26	46.44	38.33	29.51	12.00
Farelo de trigo	7.28	0	0	0	0	0	0	0
Farinha de rama de mandioca (RM)	0	12.00	24.00	36.00	0	12.00	24.00	36.00
P Bicálcio	0	0.595	0.905	1.2	0	0.525	0.5	0.5
Premix Vitam.	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Sal	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Óleo vegetal	0	0	0	1.72	0	0	0	4.5
Composição determinada (%)								
Matéria seca	91.63	92.72	92.04	91.30	91.80	92.62	93.54	91.86
Proteína bruta	24.59	25.50	25.13	25.60	29.90	30.80	29.68	29.93
Matéria mineral	4.78	4.14	5.02	4.18	4.58	4.75	6.19	6.81
Extrato etéreo	3.61	2.90	5.09	4.86	3.23	4.00	4.36	8.86
Fibra bruta	4.12	5.39	7.83	9.20	4.80	7.45	10.29	13.91
ENN	54.53	53.80	48.97	47.46	48.57	45.62	43.02	32.35
E.metab. aves (kcal/kg)	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800	2.800

* Dietas: 1- 0 % CF, 24 % CP; 2- 12 % CF, 24 % CP; 3-24 % CF, 24 % CP; 4-36 %CF, 24 % CP; 5- 0 % CF, 30 % CP; 6-12 % CF, 30 % CP; 7- 24 % CF, 30 % CP; 8- 36 % CF, 30 % CP

Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) UNESP – Jaboticabal e UFG.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Condições ambientais

Na Tabela 3 estão apresentados os valores médios e os desvios-padrões das variáveis ambientais, determinados a partir de amostras de água colhida em ponto mediano de cada viveiro.

A temperatura da água permaneceu dentro da faixa de conforto térmico para o pacu (PROENÇA & BITTENCOURT, 1994) ao longo do período experimental. Os níveis de oxigênio dissolvido, pH, alcalinidade e condutividade elétrica permaneceram dentro das condições ótimas para o desenvolvimento dos peixes e foram semelhantes em todos os tratamentos.

TABELA 3. Variáveis hidrológicas determinadas nos oito viveiros, média e desvio-padrão das variáveis determinadas semanalmente e média da temperatura diária da água (manhã e tarde)

Variáveis	Viveiros							
	1	2	3	4	5	6	7	8
O ₂ D (mg/l)	4,70 ± 0,58	4,99 ± 0,42	4,32 ± 0,84	4,74 ± 0,52	4,20 ± 0,68	5,00 ± 0,82	4,25 ± 0,46	4,38 ± 0,62
% Saturação	64,69 ± 7,04	68,38 ± 6,33	58,62 ± 9,79	65,08 ± 6,74	63,71 ± 7,04	68,78 ± 6,33	58,22 ± 9,79	64,19 ± 6,74
pH	6,96 ± 0,33	6,95 ± 0,34	6,95 ± 0,36	6,94 ± 0,35	6,98 ± 0,25	6,98 ± 0,31	6,93 ± 0,34	6,96 ± 0,35
Alcalinidade (mgCaCO ₃ /l)	14,18 ± 1,60	13,84 ± 1,41	13,98 ± 1,17	13,78 ± 1,62	15,38 ± 0,72	13,55 ± 1,67	14,08 ± 0,98	13,86 ± 1,65
Condutividade (µScm)	29,23 ± 2,77	28,46 ± 3,76	30,77 ± 7,60	28,46 ± 3,76	28,12 ± 2,32	28,61 ± 2,97	31,18 ± 5,20	28,62 ± 3,26
Temperatura da água (°C)	28,02 ± 1,54	28,02 ± 1,58	27,96 ± 1,57	28,03 ± 1,54	28,06 ± 1,37	28,20 ± 1,67	27,98 ± 1,35	28,52 ± 1,24

Teste qualitativo para presença de cianeto

Na Figura 1 observa-se a presença de heterosídeos cianogênicos nas duas amostras da rama de mandioca *in natura*, indicada pela formação do ácido isopurpúrico, que em alguns minutos alterou a cor do papel reativo amarelo para alaranjado a vermelho, conforme a técnica de Guignard. Nas amostras de rama de mandioca processadas (triturada e seca ao sol), e nas rações com porcentagens crescentes de rama, não ocorreu reação, demonstrando a eficiência do método de processamento da rama de mandioca para eliminação do cianeto.

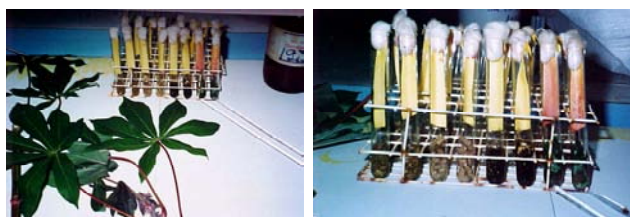


FIGURA 1. Detalhe da variedade de mandioca cacau (mansa) utilizada na pesquisa, e o teste qualitativo da presença de cianeto. Demonstração da presença de cianeto (reação positiva) somente na rama de mandioca *in natura*, conforme indicado pelas pipetas, o papel reativo corado de vermelho (técnica de Guignard), teste negativo para a rama triturada e seca ao sol e para as rações preparadas.

Respostas fisiológicas

O resumo das análises de variância, os coeficientes de variação e as médias das características bioquímicas estudadas, hemoglobina (Hb), hematócrito (Ht), proteína plasmática (PP), glicemia (Gl) e lipídio total do plasma (PL) são apresentados na Tabela 4.

Os resultados indicaram que as células vermelhas do sangue do pacu (Hemoglobina, Hb) foram afetadas pelos níveis de inclusão de rama de mandioca na ração ($P < 0,01$), pelos níveis proteicos ($P < 0,05$), e que houve interação significativa ($P < 0,01$) entre esses fatores (Tabela 4 e Figura 2). Observa-se que dentro do nível proteico de 24% de PB os peixes que receberam a dieta-controle (0 de RM) apresentaram maior teor de Hb, 3,51 g/dL, porém não diferiu daqueles que receberam maior

inclusão (36 % de RM), 3,25 g/dl, enquanto que o menor teor de Hb foi detectado nos peixes que receberam dieta com 24% de inclusão de RM, sendo igual estatisticamente àqueles que receberam ração com 12% de inclusão de RM. O inverso foi observado dentro do nível de 30% de PB, em que o maior teor de Hb foi obtido para os peixes que receberam 24% de RM na ração, não diferindo significativamente daqueles que receberam ração com 12% de inclusão de RM e do controle. Dentro do nível de 30% de PB, o menor teor de Hb (2,78 g/dL) foi detectado nos peixes que receberam 36% de RM na ração, não diferindo, porém, dos peixes do controle. No entanto, o maior nível proteico da ração (30 %) resultou em maior valor médio de Hb (3,25 g/dL), contra 3,03 g/dL para ração com 24 % de PB ($P < 0,05$).

A análise de regressão dos níveis de rama de mandioca (0%, 12%, 24% e 36 % RM), dentro de cada nível de proteína bruta testada (24 % e 30 % PB), não demonstrou efeito significativo para Hb. Provavelmente a biossíntese de Hb não foi alterada, comparada ao controle, o que poderia ter resultado em anemia ou outro estado patológico causado pelo cianeto, nas células vermelhas do sangue dos peixes que receberam rama de mandioca. Segundo BARRANS (2003), o glicosídeo cianogênico (cianeto) possui grande afinidade pelos íons de ferro na oxidase mitocondrial, competindo com o oxigênio como elétron receptor terminal na cadeia respiratória. Dessa forma, o cianeto ocupa o local de ligação do oxigênio na hemoglobina, proteína de transporte de oxigênio do sangue, tornando-a incapaz de levar oxigênio para órgãos e tecidos. Estado patológico de células vermelhas do sangue de truta (*S. gairdneri*) alimentada com dieta à base de levedura (*Hansenula anomala*) foi relatado por SÁNCHEZ-MUNIZ et al. (1982). Essas células aumentaram significativamente (43%), levando a uma anemia hipocrômica e microcítica. Segundo os autores, isso ocorreu devido à alteração no mecanismo de peroxidação dos eritrócitos imaturos, com menor proteção destes contra o excesso de peróxido de hidrogênio, produzido durante a degradação dos ácidos nucleicos. Conforme os mesmos autores, alterações no metabolismo das células vermelhas

imaturas levaram à formação de Met-Hb não funcional, que não se regenera à Hb funcional. Uma demanda por oxigênio aumentou os estímulos para a eritropoiese e conseqüentemente a produção de formas jovens imaturas.

A análise da Tabela 4 revela que os níveis de hematócrito foram influenciados pelo nível de inclusão da rama de mandioca, segundo o teor de PB, tendo ocorrido interação entre esses dois fatores. O valor médio do hematócrito variou ($P < 0,05$) segundo os teores de PB testados (24% e 30%). Com 30% de PB na ração, o hematócrito foi maior (37,13%) do que com 24% na ração (34,88%). Ao utilizar 24% de PB, o menor valor de hematócrito foi observado no nível de inclusão de RM de 24% (30,67%) e o maior valor no grupo controle (38,67% Ht), enquanto que para 30% de PB o menor valor de hematócrito ocorreu no nível de inclusão de 36% de RM (33,33%) e o maior valor quando se utilizaram 24% de inclusão de RM na ração (41,83%). Esse comportamento caracteriza uma interação entre o teor de PB e os níveis de inclusão de RM na ração, o que poderá ser visualizado na Figura 2. Estudando o efeito de ração contendo levedura em dois períodos de alimentação em juvenis de pacu, PADUA (1996) observou que na medida em que se avançava nos dias de fornecimento de ração, ocorria um aumento na porcentagem de sólidos no sangue, relatando valores de hematócrito iguais a 30,55% aos 45 dias e 33,07% aos 87 dias ($P < 0,01$), próximos aos encontrados neste estudo.

SÁNCHEZ-MUNIZ et al. (1978) observaram em trutas, alimentadas com dietas contendo levedura, aumento significativo (43%) nas células vermelhas do sangue, porém sem correspondente aumento da hemoglobina, e sem alteração significativa do hematócrito. Essa eritropoiese anormal levou a uma anemia microcítica e hipocrômica, que investigada em experimento subseqüente (SÁNCHEZ-MUNIZ et al., 1982) foi atribuída à intoxicação dos eritrócitos por peróxido de hidrogênio, produto do catabolismo de ácidos nucleicos, o que os tornou não funcionais por conter meta hemoglobina, estimulando uma demanda por oxigênio e conseqüentemente maior produção de eritrócitos.

HEAF & DAVIES (1976) constataram, em estudo com ratos que receberam doses elevadas de RNA de levedura, que ocorre transporte de bases nitrogenadas pelos eritrócitos. Analogamente a este estudo, efeitos semelhantes foram observados por JOHANSON-SJÖBECK et al. (1975) com enguias submetidas ao jejum, relatando aumento nos valores de hematócrito pela liberação de eritrócitos dos depósitos sanguíneos, sendo que este aumento não acompanhou a biossíntese de hemoglobina. Isso se atribuiu a uma deficiência de ferro, o que está de acordo com os resultados relatados por SÁNCHEZ-MUNIZ et al. (1978), em estudo com trutas adultas, e KAMRA (1966), após submeter o bacalhau em fase de crescimento (*Gadus morhua*) a trinta dias de jejum.

A Figura 2 demonstra que nesta pesquisa ocorreu uma semelhança no comportamento da hemoglobina e do hematócrito, principalmente a partir da inclusão de 12% de RM na ração para os dois teores de PB testados, indicando que a biossíntese dessas variáveis apresentou comportamento correspondente mediante a inclusão de rama de mandioca na ração.

Interação significativa entre níveis de inclusão de rama e níveis de proteína bruta foi observada para proteína plasmática ($P < 0,01$). Os peixes que receberam ração com maior inclusão de RM (36%) apresentaram significativamente o maior teor de PP (4,38 g/dL), dentro do menor nível de proteína (24% PB), conforme demonstram a Tabela 4 e Figura 2, enquanto que no nível de 30% de PB o valor de proteína plasmática foi inferior (2,89 g/dL), caracterizando, portanto, a interação. Níveis de proteína plasmática no sangue podem ser um indicativo do estado nutricional dos peixes. Neste sentido, DAVE (1975), trabalhando com enguia (*Anguilla anguilla*), observou que um provável estresse nutricional, causado após três meses de jejum, levou a uma redução significativa da proteína plasmática. BOUCHE & VELLAS (1975) também verificaram que as taxas de mobilização da proteína plasmática e da proteína do fígado de carpas aumentaram após longo período de jejum, com um decréscimo de duas vezes no conteúdo proteico do fígado e plasma.

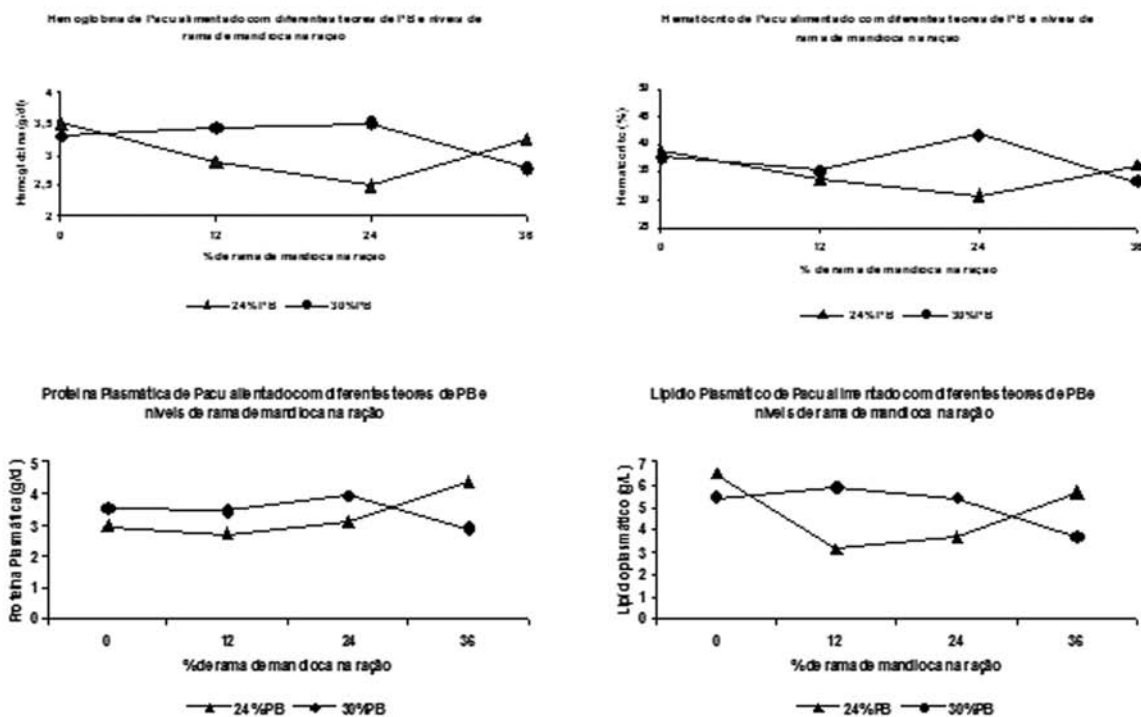


FIGURA 2. Valores de hemoglobina, hematócrito, proteína plasmática e lipídio plasmático, observados em pacu alimentado com diferentes teores de PB e níveis de inclusão de rama de mandioca na ração.

TABELA 4. Análise de variância e médias comparadas pelo teste de Tukey (5%) de hemoglobina (Hb), hematócrito (Ht), proteína plasmática (PP), glicose plasmática (GL), lipídio total do plasma (PL) de juvenis de pacu, *P. mesopotamicus*, alimentados com diferentes níveis de rama de mandioca e de proteína bruta na ração

Fontes de variação	Valores de Pr < F														
	(DF)	Hb (g/dL)		(DF)	Ht (%)		(DF)	PP (g/dL)		(DF)	GL (mg/dL)		(DF)	PL (g/L)	
Inclusão	(3)	0,0096**		(3)	0,0624 ^{ns}		(3)	0,0909 ^{ns}		(3)	0,4673 ^{ns}		(3)	0,1998 ^{ns}	
Proteína	(1)	0,0153*		(1)	0,0381*		(1)	0,3081 ^{ns}		(1)	0,7436 ^{ns}		(1)	0,5143 ^{ns}	
Incl x prot.	(3)	< 0,0001**		(3)	0,0007**		(3)	0,002**		(3)	0,4532 ^{ns}		(3)	0,0187*	
Resíduo	(16)	-		(16)	-		(16)	-		(16)	-		(16)	-	
Total	(23)	-		(23)	-		(23)	-		(23)	-		(23)	-	
CV		6,18			6,77			11,38			18,77			26,38	
Médias:															
Inclusão de CFM (%)		24%PB	30%PB	24%PB	30%PB	24%PB	30%PB	24%PB	30%PB		24%PB	30%PB	24%PB	30%PB	
0		3,51 ^{aA}	3,29 ^{abB}	38,67 ^{aA}	38,00 ^{ab}	2,94 ^{bA}	3,56 ^B	215,08	6,48 ^A	5,44 ^B					
12		2,87 ^{bcA}	3,42 ^{aB}	33,83 ^{abA}	35,33 ^{abB}	2,74 ^{bA}	3,44 ^B	202,07	3,13 ^A	5,85 ^B					
24		2,50 ^{cA}	3,50 ^{aB}	30,67 ^{bA}	41,83 ^{ab}	3,11 ^{bA}	3,95 ^B	196,19	3,68 ^A	5,41 ^B					
36		3,25 ^{abA}	2,78 ^{bb}	36,33 ^{aA}	33,33 ^{bb}	4,38 ^{aA}	2,89 ^B	180,48	5,68 ^A	3,68 ^B					
Proteína bruta (%)															
24 %		3,03 ^b		34,88 ^b		3,29		200,98		4,74					
30 %		3,25 ^a		37,13 ^a		3,46		195,92		5,10					

** (P < 0.01), * (P < 0.05), NS - Não significativo, ¹ Valores seguidos por letras iguais não diferem, pelo teste de Tukey (5%), letras maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas.

Verifica-se que, apesar de não significativos, os níveis de glicose apresentaram resposta linear inversa ao acréscimo de rama de mandioca na ração (Tabela 4). Estudos sobre o metabolismo nutricional de peixes têm demonstrado relação entre níveis de glicose e proteína da dieta. Em pesquisa com *Cyprinus carpio*, HERTZ (1989) evidenciou que os níveis de glicose plasmática dos peixes que receberam dieta com teores elevados de proteína foram significativamente maiores do que em peixes sob jejum. Dessa forma, pode-se deduzir que, no presente estudo, a qualidade da proteína da rama de mandioca é inferior à daquela do controle, pela redução da glicose, ao se aumentar a inclusão de rama na ração.

Outro fato relacionado ao decréscimo ($P > 0,05$) nos níveis de glicose com o aumento de rama de mandioca é o aumento do teor de fibra bruta na ração. Nota-se que a inclusão de RM na ração elevou o teor de fibra bruta de 4,12% para 9,20 % nas rações com 24 % PB, e de 4,80 para 13,91% nas rações com 30% PB (Tabela 2). Segundo WILSON (1994), peixes de águas tropicais doces podem receber níveis dietários de fibra bruta até 20%, por possuírem atividade da amilase intestinal mais elevada que espécies de águas marinhas e frias, as quais exigem níveis inferiores.

SHIAU et al. (1988) avaliaram o crescimento, digestão e tempo de evacuação gástrica de tilápia (*O. niloticus*) alimentada com dieta basal contendo dextrina, com níveis crescentes de carboximetilcelulose, CMC (2%, 6%, 10% e 14 %), e concluíram que o aumento da CMC reduziu o tempo de evacuação gástrica, a absorção intestinal de carboidratos e a glicemia. Resultados semelhantes foram obtidos por SHIAU et al. (1989), em avaliação de diferentes fontes de fibra sobre a utilização da dextrina pela tilápia. Os autores atribuíram o decréscimo das taxas glicêmicas dos peixes que receberam suplementação de fibra na dieta à baixa absorção de glicose e/ou à digestão da dextrina. A redução da taxa glicêmica pode estar relacionada ao aumento nos teores de fibra bruta das dietas com rama de mandioca.

O teor de lipídeo total do plasma não foi influenciado pelo teor de PB e pelo nível de rama de mandioca testados (Tabela 4). Apesar

disso, ocorreu interação desses fatores ($P < 0,01$). A curva de regressão obtida foi descontínua, o que não leva a um comportamento explicável que relacione os níveis de inclusão de rama de mandioca na ração com o nível de lipídeo total do plasma. Observaram-se resultados contrastantes em pesquisa com tilápia (*O. niloticus*). O aumento da frequência alimentar resultou em aumento dos níveis de lipídios plasmáticos, indicando estímulo da lipogênese pela melhor utilização dos nutrientes (PADUA, 2001b).

Os valores das variáveis metabólicas analisadas na presente pesquisa estão dentro dos limites encontrados por outros autores (Tabela 5) que trabalharam com pacu, *P. mesopotamicus*, em condições de cativeiro (adultos, RANZANI-PAIVA & GODINHO, 1988; juvenis, SOUZA, 1994; PADUA, 1996; tambacu, *P. mesopotamicus* x *C. macropomum*, adulto, OLIVEIRA, 1993).

TABELA 5. Valores de parâmetros metabólicos do pacu (*P. mesopotamicus*), hematócrito (Ht, %), glicemia (GL, mg/100 g), proteína plasmática (PP, g/100 ml).

Autores	Médias dos parâmetros metabólicos		
	Ht	GL	PP
RANZANI-PAIVA & GODINHO, 1988	-	64 a 200	2,1 a 7,6
SOUZA, 1994	40,89	67,83	4,74
OLIVEIRA, 1993	-	95,99	4,01
PADUA, 1996	31,58	110,88	4,97

A observação dos aspectos morfológicos externos e internos não mostrou nenhuma anormalidade, confirmando a viabilidade de utilização da rama de mandioca na alimentação do pacu. Além disso, constataram-se ótima aceitação da ração pelos peixes e taxa de mortalidade próxima de zero.

CONCLUSÕES

O uso da rama de mandioca na ração de pacus em crescimento provocou alterações metabólicas, porém não inviabilizou sua utilização na

alimentação dessa espécie. Os níveis, da hemoglobina e do hematócrito de pacus em crescimento, alimentados com diferentes níveis de rama de mandioca e teores de PB, apresentaram variações na mesma direção. O método de processamento da rama de mandioca foi eficiente para a eliminação do cianeto. A análise de regressão dos dois fatores (rama de mandioca e nível de proteína bruta) não foi capaz de explicar as alterações nas variáveis metabólicas estudadas.

AGRADECIMENTO

À indústria bioquímica Doles Reagentes (Goiânia, GO), pela cooperação na doação dos *kits* para as determinações bioquímico-séricas.

REFERÊNCIAS

- AFONSO NETO, M. J. As múltiplas alternativas de uso da mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.145, p.1-2, 1987.
- BARRANS, R. Cyanide poisoning. In: Ask a Scientist; Chemistry Archive. Disponível em: <http://newton.dep.anl.gov/askasci/chem99/chem99562.htm>. Acesso em: 21 jan. 2003.
- BATISTA, H.S.M.; CAMARÃO, A. P.; FREITAS, M.C.M. Cultivares de mandioca para alimentação de ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 21., 1984, Belo Horizonte, **Anais...** Belo Horizonte : SBZ, 1984. p. 293.
- BOUCHE, C. ; VELLAS F. Les vitesses de renouvellement des protéines hépatiques, musculaires et plasmatiques de la carpe (*Cyprinus carpio*) soumise a um jeune total et prolonge. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v. 51A, 1975. p.185-193.
- CANTELMO, O. A.; GOMES, S.Z.; RIBEIRO, M. A. R. Níveis de proteína e energia para o crescimento do pacu *Piaractus mesopotamicus* (Homberg, 1887). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 8.; ENCONTRO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DE ORGANISMOS AQUÁTICOS, 3., 1994, Piracicaba, **Resumos...** Piracicaba, 1994. p. 44.
- CARNEIRO, D. J. **Níveis de proteína e energia na alimentação do pacu *Colossoma mitrei* (Berg, 1895)**. 1983, 56 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – FCAVJ, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- CARVALHO, J. L. H. A parte aérea da mandioca na alimentação animal. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.10, n.119, p. 28-36, 1984.
- CARVALHO, V. D.; KATO M. S. A. Potencial da utilização da parte aérea da mandioca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n.145, p.23-28, 1987.
- CARVALHO, V. D.; PAULA, M. B.; JUSTE Jr., E. S. G. Efeito da época de colheita no rendimento e composição química da parte aérea de dez cultivares de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 4, n.1, p. 43-59, 1985.
- CHRISTIANSEN, D.C.; KLUNGSOYR, L. Metabolic utilization of nutrients and the effects of insulin in fish. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v. 88B, n. 3, p.701-711, 1988.
- COOKE, R.D.; MADUGWU, E. N. The effects of simple processing on the cyanide content of cassava chips. **Journal of Food Technology**, Oxford, v. 13, p. 299-306, 1978.
- DAVE, G. Metabolic and hematological effects of starvation in the European eel *Anguilla anguilla* L.- I. Carbohydrate, lipid, protein and inorganic ion metabolism. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v.52A, p. 423-430, 1975.
- GEISE, R.W.; ANNINO, J.S. **Química clínica: princípios e métodos**. São Paulo: Manole 1978. p. 191-195.
- GRAMACHO, D.D. Contribuição ao estudo químico e tecnológico do feno de mandioca. In: **Projeto Mandioca**. Cruz das Almas: Escola de Agronomia da UFBA, 1973. p.143-52 (Série Pesquisa, 1).
- HEAF, D.J.; DAVIES, J. I. Effects of RNA supplementation of rat diets on the composition of body fluids. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 36, p. 361-402, 1976.
- HENRY, J. B. **Clinical diagnosis and management by laboratory methods**. 19. ed. St. Louis, MO: Harper & Row, 1996. p. 194-207, 423-426.
- HERTZ, Y. Glucose metabolism in the common carp (*Cyprinus carpio*): the effects of cobalt and chromium. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 76, p. 255-267, 1989.
- JOHANSON-SJÖBECK, M.L. Metabolic and hematological effects of starvation in the european eel, *Anguilla anguilla* L. II. Hematology. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v. 52A, p. 431-434, 1975.

- KAMRA, S.K. Effect of starvation and refeeding on some liver and blood constituents of atlantic cod (*Gadus morhua* L.). **Journal of the Fisheries Research Board of Canada** Ottawa, v. 23, p. 975-982, 1996.
- LEE, K.G.; HUTAGALUNG, R.I. Nutritional value of tapioca leaf (*Manihot utilissima*) for swine. **Malaysian Agricultural Research**, Kuala Lumpur, v.1, n.1, p. 38-47, 1972.
- LEEDS, A. R.; RALPHS, D. N. L.; EBIED, F.; METZ, G.; DILAWARI, J. B. Pectin in the dumping syndrome: reduction of symptoms and plasma volume changes. **Lancet**, p. 1075-1078, 1981.
- MONTALDO, A. Whole plant utilization of cassava for animal feed. In: NELTEL, B.; GRAHAN, M. (Ed.). **Cassava as animal feed**. Ottawa: International Development Research Center, 1977. p. 95-107.
- NG, W.K.; WEE, K. L. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 83, p. 45-58, 1989.
- OLIVEIRA, E.G. **Variações sazonais em parâmetros metabólicos do tambacu (fêmea *Colossoma macropomum* x macho *Piaractus mesopotamicus*)**. 1993, 92 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- OLIVEIRA, J. P.; TIESENHAUSEN, I. M. E. V.von; FALCO, J. E.; CORRÊA, H.; MUNIZ, J. A.; CARVALHO, V. D. Composição química e consumo voluntário do feno e da silagem da parte aérea da mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 203-213, 1984.
- PADUA, D.M.C. **Utilização da levedura alcoólica (*Saccharomyces cerevisiae*) como fonte protéica na alimentação de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*, *Pisces, Teleostei*): aspectos metabólicos e de desempenho produtivo**. 1996, 120 f. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Faculdade de Ciências Agrária e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- PADUA, D.M.C. **Fundamentos de piscicultura**. 2. ed. Goiânia: Ed. da Universidade Católica de Goiás, 2001 a. 341 p.
- PADUA, D.M.C. **A frequência alimentar e a utilização dos nutrientes da dieta pela tilápia-do-nylo, *Oreochromis niloticus***. 2001, 103 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Jaboticabal, 2001b.
- PIRES, R. C.; AKIHOSHI, R.; URBINATI, E. C. Utilização de carboidratos por peixes de diferentes hábitos alimentares. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNESP, 3., Jaboticabal, 1991. **Resumos ...** Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1991. p.173.
- PROENÇA, C.E.M.; BITTENCOURT, P.R.L. Recursos hídricos. In: _____. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília: IBAMA/ DIREN/ DEPAQ/ DIPEA, 1994. p. 52-76.
- RANZANI-PAIVA, M. J. T.; GODINHO, H. M. Características do plasma sanguíneo do pacu, *Piaractus mesopotamicus*, Homberg, 1887 (*Colossoma mitrei*, Berg, 1895) em condições experimentais de criação. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 15, p.169-177, 1988.
- ROMERO, J. J. T. Nutrientes esenciales en alimentación acuícola. In: FAO-Proyecto Aquila II. **Control de Calidad de Insumos y Dietas Acuícola**, Mexico, 1994. p.1-13. (Documento de Campo, n.16).
- ROSS, E.; ENRIQUEZ, F.Q. The nutritive value of cassava leaf meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 48, n. 3, p. 846-853, 1969.
- SAS. Statistical Analysis System **User's guide**: Stat, Version 6.12. Cary: SAS Institute, 1996. 956 p.
- SÁNCHEZ MUNIZ, F.J. Hematological consequence of feeding trout with a single cell protein (*Hansenula anomala*). **Proceedings of the Nutrition Society**, London, v. 37, 1978.
- SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J.; HIGUERA, M. de la; VARELA, G. Alterations of erythrocytes of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) by the use of *Hansenula anomala* yeast as sole protein source. **Comparative Biochemistry and Physiology**, Oxford, v.72A, n. 4, p. 673-696, 1982.
- SHIAU, S. Y.; YU, H. L.; HWA, S.; CHEN, S. Y.; HSU, S. L. The influence of carboxymethylcellulose on growth, digestion, gastric emptying time and body composition of tilapia. **Aquaculture**, v. 70, p. 345-354, 1988.
- SHIAU, S.Y.; KWOK, C. C.; CHEN, C. J.; HONG, H. T.; HSIEH, H.B. Effects of dietary fibre on the intestinal absorption of dextrin, blood sugar level and growth of tilapia, *Oreochromis niloticus* X *O. aureus*. **Journal of Fish Biology**, v. 34, p. 929-935, 1989.
- SILVA, D.J. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 2. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1990. 165 p.

SIPAÚBA-TAVARES, L.H.S. **Limnologia aplicada à aqüicultura**. Jaboticabal, Funep, 1995. 70 p.

SOUZA, V.L. **Efeitos da restrição alimentar e da realimentação no metabolismo de pacus juvenis (*Piaractus mesopotamicus*)**. 1994, 163 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 1994.

TACON, A.G.J. **Feed ingredients for warmwater fish: fish meal and other processed feedstuffs**. Rome: FAO, 1993. 64 p. (Fisheries Circular n. 856).

TELES, F.F. Considerações sobre a análise do ácido cianídrico em mandioca e seus produtos manufaturados. In: PESQUISAS TECNOLÓGICAS SOBRE A MANDIOCA. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 1972. p. 7-33.

TELES, F.F. Técnicas de liberação do HCN e toxidez cianogênica das mandiocas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.13, n. 145, p.18-22, 1987.

URBINATI, E.C.; SECATO, E. R. Teste de tolerância à glicose em peixes. In: REUNIÃO ANUAL DA FEDERAÇÃO DE SOCIEDADES DE BIOLOGIA EXPERIMENTAL, 5., 1990, Caxambu. **Resumos ...** Caxambu: FESB, 1990. p.147.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H.S. Protein, lipid and caloric contents. In: _____. **The biology of fish growth**. London: Academic, p.101-146, 1989.

WILSON, R.P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, v. 24, p. 67-80, 1994.

Protocolado em: 1º dez. 2006. Aceito em: 20 mar. 2009.