

Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Luiz Edivaldo Pezzato^{1*}, Edma Carvalho de Miranda², Margarida Maria Barros¹, Wilson Massumitu Furuya³ e Luis Gabriel Quintero Pinto⁴

¹Departamento de Nutrição Animal, FMVZ-Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu, C.P. 560, 18618-000, Botucatu, São Paulo, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, UFAL-Universidade Federal de Alagoas, Maceió, Alagoas, Brasil. ³Departamento de Zootecnia, UEM-Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná, Brasil. ⁴Departamento de Zootecnia, Universidade Nacional da Colômbia, Bogotá, Colômbia. * Autor para correspondência. E-mail: epezzato@fca.unesp.br

RESUMO. Esta pesquisa teve por objetivo determinar a digestibilidade aparente de seis alimentos energéticos: silagem de milho úmido; aveia integral; urucum; raspa de mandioca; feno de alfafa e algaroba e cinco protéicos: soja integral, farelo de coco; leucena; levedura de álcool e soro desidratado de leite. Foram confeccionadas 12 rações purificadas, peletizadas, contendo esses alimentos, sendo uma referência (purificada), a qual serviu de base para o estudo, sendo estas marcadas com 0,10% de óxido de crômio-III. Os peixes (240 juvenis de tilápia do Nilo com aproximadamente 100,00g) foram alojados em tanques-rede para o manejo de alimentação e coleta de fezes. Os tanques-rede, contendo esses peixes, foram mantidos durante o dia em aquários de alimentação (250L), um para cada tratamento, onde receberam refeições à vontade das 8 às 17h30min horas. Posteriormente, foram transferidos para aquários de coleta de fezes (300L), também individuais aos tratamentos, onde permaneceram até a manhã do dia subsequente. O coeficiente de digestibilidade aparente dos alimentos foi calculado com base no teor de óxido de crômio dos nutrientes nas rações e nas fezes. Pode-se concluir que: dentre os alimentos energéticos, a raspa de mandioca e a silagem de milho úmido destacam-se por apresentarem os melhores CDA para a MS e a PB, além de maiores valores de ED; embora a aveia tenha apresentado bom CDA para a MS e PB, não se revelou boa fonte energética para a tilápia do Nilo; a algaroba proporciona excelente valor de energia digestível; e; dentre os alimentos protéicos: o soro de leite, a levedura de álcool e o farelo de coco destacam-se por apresentarem os melhores CDA para a MS e a PB, além dos maiores valores de ED e que a leucena e a soja integral apresentam os piores CDA para a MS e PB e os menores valores de ED.

Palavras-chave: digestibilidade, alimentos energéticos, alimentos protéicos, alimentos alternativos, tilápia do Nilo.

ABSTRACT. Apparent digestibility of dry matter and crude protein; and digestible energy of some alternatives ingredients by Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. This research aimed to determine the apparent digestibility of six energetic ingredients: ensiled high-moisture corn, raw oats, *urucum*, manioc flakes, *algoroba* and alfafa hay and, five proteic ones: soybean, coconut meal, *leucena*, alcohol yeast and dehydrated milk. 12 purified diets were formulated including these ingredients and one as a reference. All diets were supplemented with 0.01% of chromic oxide as marker. 240 Nile tilapia juveniles, with 100.00 ± 10.0g average weight were stocked in cages (10 fish/cage) for feeding and feces collection. During the feeding time (0800 AM - 0530PM) these tanks were kept in 250L aquaria, one for each treatment, and fish were fed *ad libitum*. After that they were transferred to 300L aquaria adapted for feces collection, where they stayed until next morning. The apparent digestibility coefficient (ADC) was determined based on chromic oxide concentration on diet and feces. It was concluded that, among the energetic ingredients, the manioc flakes and ensiled high-moisture corn showed the highest ADC for dry matter and crude protein and the best value for digestible energy; although the raw oats had showed good ADC for dry matter and crude protein. It did not prove to be a good energetic source for Nile tilapia; algaroba showed to be a good source of digestible energy; and, among proteic ingredients, the dehydrated milk, alcohol yeast and coconut meal showed the best ADC for dry matter and crude protein and also the highest values for digestible energy; leucena and soybean showed the worst ADC for dry matter and crude protein and the lowest values for digestible energy.

Key words: digestibility, energetic ingredients, proteic ingredients, alternative ingredients, Nile tilapia.

Introdução

A análise química e os testes alimentares são os primeiros itens para determinar o valor nutritivo de um alimento. Entretanto, após a ingestão, sua efetiva assimilação depende do uso que o organismo animal esteja capacitado a executar (Maynard e Loosly, 1966). As espécies animais assimilam de forma diferente os alimentos, sendo essa variação quantificada através da determinação de seus coeficientes de digestibilidade (Andrighetto *et al.*, 1982). Ainda segundo esses autores, a digestibilidade de uma ração é definida como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a energia contidos no mesmo.

De acordo com Cho (1987), a determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão em uma ração para peixes. Os primeiros estudos sobre a determinação dos coeficientes de digestibilidade dos alimentos pelos peixes foram realizados por Homburger em 1877 (Hepher, 1988).

O valor nutritivo de um alimento depende de seu conteúdo em nutrientes e da capacidade do animal em ingeri-los e absorvê-los. O resultado desse processo varia em função da espécie, das condições ambientais, quantidade e qualidade do nutriente, proporção relativa entre os nutrientes e dos processos tecnológicos a que o alimento tenha sido submetido. Assim, segundo o NRC (1993), a digestibilidade descreve a fração do nutriente ou da energia do alimento que não é excretada nas fezes.

Segundo Pezzato (2001), a substituição de determinados produtos e subprodutos da agroindústria, empregados como ingredientes nas rações dos peixes, por produtos sucedâneos, tem se apresentado como prática econômica alternativa. A digestibilidade desses alimentos tem sido estudada por vários autores, os quais apresentam resultados efetivos nessa área do conhecimento da nutrição animal.

O conhecimento da digestibilidade dos subprodutos da agroindústria tem viabilizado o emprego de uma série de alimentos em rações completas para peixes. Entre vários estudos de digestibilidade aparente, com espécies de peixes tropicais, destacam-se os realizados por Cyrino *et al.* (1986), Barros *et al.* (1988a e b), Khan (1994), Tackeuchi *et al.* (1994), Watanabe *et al.* (1996), Degani *et al.* (1997), Fernandes *et al.* (1998), Stech e Carneiro (1998), Miranda *et al.* (2000), Pezzato *et al.* (2000, 2002), Pezzato (2001) e Furuya *et al.* (2001 a,b). Esses estudos demonstram que alimentos com semelhantes composições químicas podem apresentar diferentes coeficientes de digestibilidade. Tais resultados devem ser considerados para a formulação das rações, a exemplo das demais espécies de

monogástricos.

Para as espécies tropicais, poucas são as informações dos valores digestíveis da proteína e da energia da maioria dos alimentos nacionais. Somente a partir de rações com altos coeficientes de digestibilidade será possível obter-se melhores respostas de conversão alimentar, maximizar os lucros e, principalmente, minimizar o impacto ambiental que alguns desses alimentos podem proporcionar.

Nesse sentido, esse estudo teve por objetivo determinar os coeficientes de digestibilidade de 11 alimentos alternativos (energéticos e protéicos), que poderão ser utilizados para confecção de rações para peixes tropicais.

Material e métodos

Esta pesquisa foi desenvolvida na Universidade Estadual Paulista - Unesp, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (*AquaNutri*) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Unesp, Campus de Botucatu, Estado de São Paulo.

Determinaram-se os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e proteína bruta, além da energia bruta de 11 alimentos (seis energéticos): silagem de milho úmido, aveia integral, urucum, raspa de mandioca, algaroba e feno de alfafa e (cinco protéicos): soja integral, farelo de coco, leucena (feno), levedura de álcool e do soro desidratado de leite. Os alimentos foram moídos de forma a se apresentarem com diâmetro de 0,42mm (*mash* 40) e analisados no Laboratório de Análises Bromatológicas da FMVZ - Unesp, Campus de Botucatu (Tabela 1).

Foram confeccionadas 12 rações, sendo uma referência (padrão - purificada) e as demais contendo os alimentos em estudo (Tabelas 2 e 3). Estas foram marcadas com 0,10% de óxido de crômio-III, seguindo-se metodologia proposta por Lovell (1988). Todos os alimentos foram homogeneizados e as rações peletizadas (diâmetro de 2,40mm), desidratadas em estufa de circulação forçada a 55,0°C e armazenadas à -20,0°C.

Tabela 1. Composição química (%) dos alimentos energéticos e protéicos empregados nas rações experimentais. Valores expressos em 100% da matéria seca.

Alimento	Matéria seca %	Proteína bruta %	Extrato etéreo %	Matéria mineral %	Energia bruta (kcal/kg)
Energético					
Silagem - milho úmido	69,08	12,23	5,50	1,49	3900
Aveia integral	89,00	9,90	4,70	3,90	4120
Urucum	90,20	11,50	5,00	5,00	3900
Raspa de mandioca	87,35	3,09	0,33	2,83	3870
Farinha de algaroba	82,57	8,11	1,99	3,15	4340
Feno de alfafa	92,00	15,50	1,70	8,37	3920
Protéico					

Soja integral	87,90	38,89	17,75	4,36	5020
Farelo de coco	89,50	24,10	12,00	5,93	5000
Leucena	91,00	32,60	6,80	4,00	4250
Levedura de álcool	93,00	34,00	0,75	5,50	4200
Soro de leite	89,20	25,95	2,29	19,54	4000

Tabela 2. Composição percentual das rações experimentais - Alimentos energéticos. Valores expressos em 100% da matéria seca.

Alimento	Ração						
	Pur ⁽¹⁾	Mil ⁽²⁾	Ave ⁽³⁾	Uru ⁽⁴⁾	Man ⁽⁵⁾	Alf ⁽⁶⁾	Alg ⁽⁷⁾
Albumina	33,59	10,10	20,28	20,17	10,10	27,16	28,42
Gelatina	20,00	6,00	12,04	11,98	6,00	16,13	14,74
Dextrose	33,95	11,81	23,71	23,58	11,81	31,76	29,02
α - celulose	5,40	3,71	-	-	3,71	-	-
Antioxidante (BHT)	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Óleo de soja	2,70	0,81	1,63	1,62	0,81	2,18	1,99
Fosfato bicálcico	3,74	1,12	2,25	2,24	1,12	3,02	2,56
Suplemento Vitamínico e mineral ⁽⁸⁾	0,50	0,15	0,30	0,30	0,15	0,40	0,37
Óxido de crômio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Silagem de milho úmido ⁽²⁾	-	66,19	-	-	-	-	-
Aveia integral ⁽³⁾	-	-	38,68	-	-	-	-
Urucum ⁽⁴⁾	-	-	-	40,00	-	-	-
Raspa de mandioca ⁽⁵⁾	-	-	-	-	67,39	-	-
Feno de alfafa ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	19,24	-
Algaroba ⁽⁷⁾	-	-	-	-	-	-	26,39
Total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

¹ Ração purificada; ⁸ Suplemento vitamínico e mineral (*Supremais*): vitA 1200000 UI; vitD: 200000 UI; vitE 12000mg; vitK: 2400mg; vitB: 4800mg; vitB: 4800mg; vitB₆ 48000mg; B₁₂ 4800mg; ác. fólico 1200mg; ác. pantotênico 12000mg; vitC 48mg; biotina 48mg; colina 65mg; niacina 24000mg; Fe 10000mg; Cu 600mg; Mn 4000mg; Zn 6000mg; I 120mg; Co 2mg e Se 20mg.

Para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente, foram utilizados doze aquários de alimentação, de formato circular e capacidade de 250 litros e aquários de coleta de fezes por gravidade, de formato cônico e capacidade de 300 litros, também confeccionados em fibra de vidro. Os peixes, 240 juvenis de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) com aproximadamente 100,00 gramas, foram alojados em 12 gaiolas de formato circular, confeccionados com tela plástica (malha de 1,50cm entre nós). Esses foram utilizados para abrigar os peixes e facilitar o manejo de alimentação e coleta de fezes, conforme metodologia adotada nesse laboratório (Pezzato *et al.*, 2002).

Tabela 3. Composição percentual das rações experimentais. Alimentos protéicos. Valores expressos em 100% da matéria seca.

Alimento	Ração					
	Pur ⁽¹⁾	Soj ⁽²⁾	Coc ⁽³⁾	Leu ⁽⁴⁾	Lev ⁽⁵⁾	Lei ⁽⁶⁾
Albumina	33,59	10,10	13,35	16,80	10,10	10,10
Gelatina	20,00	6,00	7,93	9,98	6,00	6,00
Dextrose	33,95	11,89	15,61	19,64	11,81	11,81
α - celulose	5,40	1,06	-	-	3,24	5,40
Antioxidante (BHT)	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Óleo de soja	2,70	0,81	1,07	1,35	0,81	0,81
Fosfato bicálcico	3,74	1,12	1,48	1,87	1,12	1,12
Suplemento Vitamínico e mineral ⁽⁷⁾	0,50	0,15	0,20	0,25	0,15	0,15
Óxido de crômio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Soja integral ⁽²⁾	-	68,84	-	-	-	-
Farelo de coco ⁽³⁾	-	-	60,25	-	-	-
Leucena ⁽⁴⁾	-	-	-	-	50,00	-
Levedura de álcool ⁽⁵⁾	-	-	-	-	-	67,66
Soro de leite ⁽⁶⁾	-	-	-	-	-	65,50
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

¹ Ração purificada; ⁷ Suplemento vitamínico e mineral (*Supremais*): vitA 1200000 UI; vitD: 200000 UI; vitE 12000mg; vitK: 2400mg; vitB: 4800mg; vitB: 4800mg; vitB₆ 48000mg; B₁₂ 4800mg; ác. fólico 1200mg; ác. pantotênico 12000mg; vitC 48mg; biotina 48mg; colina 65mg; niacina 24000mg; Fe 10000mg; Cu 600mg; Mn 4000mg; Zn 6000mg; I 120mg; Co 2mg e Se 20mg.

Os peixes foram mantidos durante o dia nos aquários de alimentação, onde receberam refeições à vontade das 8 até às 17h30min. Após esse período, foram transferidos para os aquários de coleta de fezes e permaneceram até a manhã do dia subsequente. Finalizado cada período de alimentação e de coleta das fezes efetuou-se a limpeza dos aquários, preparando-os para nova coleta (repetição).

O período de coleta de fezes de cada um dos alimentos foi de dez dias. As fezes foram desidratadas em estufa de ventilação forçada à 55,0°C (48 horas) e moídas. Determinou-se a composição química-bromatológica, segundo método descrito pela AOAC (1984) e o óxido crômio-III segundo Graner (1972). O coeficiente de digestibilidade aparente dos alimentos foi calculado com base no teor de óxido de crômio-III dos nutrientes nas rações e nas fezes, segundo o método de determinação do coeficiente de digestibilidade aparente, conforme as seguintes fórmulas:

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

Em que:

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

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

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

N_r = nutrientes na ração;

N_f = nutriente nas fezes.

$$CDa_{(alim)} = \frac{CD_{(rt)} - b \cdot CD_{(rb)}}{a}$$

Em que:

$CDa_{(alim)}$ = coeficiente de digestibilidade aparente do alimento;

$CD_{(rt)}$ = coeficiente de digestibilidade aparente da ração com o alimento teste;

$CD_{(rb)}$ = coeficiente de digestibilidade aparente da ração basal;

b = percentagem da ração basal;

a = percentagem do alimento teste.

Para análise estatística foi utilizado o pacote estatístico Saeg, desenvolvido por Euclides (1983). As diferenças entre as médias dos coeficientes de digestibilidade foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de probabilidade. Os valores de percentagem foram transformados pela expressão $y = \sqrt{x}$, sendo x o valor da digestibilidade aparente expresso em porcentagem.

Resultados e discussão

A água dos aquários foi mantida a uma temperatura média de 26,0±0,5°C; pH 6,0±0,5; oxigênio dissolvido 6,3±0,6mg/L e

amônia $0,04 \pm 0,01$ mg/L. O fluxo de água dos aquários foi regulado e mantido constante ($2,0$ L/minuto/aquário), permitindo um adequado carreamento e deposição das fezes nos respectivos coletores. A iluminação ambiente foi obtida através de lâmpadas fluorescentes, com um fotoperíodo das 6:00 às 18:00 horas.

Alimentos energéticos

Os valores médios (%) dos coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS) e da proteína bruta (PB), bem como a energia digestível (kcal ED/kg) dos alimentos energéticos alternativos encontram-se na Tabela 4.

Submetendo-se os valores dos CDA da MS desses alimentos à análise de variância, observou-se, através do teste F, efeito significativo ($P < 0,01$) para tratamentos, com coeficiente de variação de 2,68%. Comparando-se as médias pelo teste de Tukey pôde-se constatar que a aveia integral, a raspa de mandioca e a silagem de milho apresentaram semelhantes CDA para a MS (respectivamente, 81,07; 78,14 e 70,73%) e melhores que os demais alimentos ($P < 0,05$). O feno de alfafa apresentou CDA de 59,66%, semelhante ao obtido pelo urucum (58,72%) e pela algaroba (55,99%).

Tabela 4. Digestibilidade aparente e desvio padrão (%) dos alimentos energéticos pela tilápia do Nilo. Valores expressos em 100% da matéria seca.

Alimento	Digestibilidade (%)		Energia digestível (kcal/kg)
	Matéria seca	Proteína bruta	
Silagem de milho úmido	72,79	94,29	3042
	70,75	97,28	3030
	68,67	91,23	2998
Média	70,73 ($\pm 1,68$) a	94,26 ($\pm 3,02$) a	3023 (± 22) b
Aveia integral	80,12	92,86	2650
	79,09	90,95	2645
	84,02	88,95	2615
Média	81,07 ($\pm 2,12$) a	90,92 ($\pm 1,95$) ab	2636 (± 15) c
Urucum	56,81	80,33	3.080
	54,74	91,27	3.040
	64,61	81,17	3.070
Média	58,72 ($\pm 4,25$) b	84,25 ($\pm 4,97$) b	3063 (± 17) b
Raspa de mandioca	78,25	86,06	3.170
	75,15	91,38	3.178
	81,01	93,24	3.142
Média	78,14 ($\pm 2,39$) a	90,22 ($\pm 3,04$) ab	3163 (± 15) ab
Feno de alfafa	59,48	90,54	2.510
	62,68	92,18	2.525
	56,84	97,38	2.475
Média	59,66 ($\pm 2,38$) b	93,36 ($\pm 2,91$) a	2503 (± 21) d
Farinha de algaroba	60,01	78,65	3270
	51,65	85,10	3250
	56,31	82,01	3110
Média	55,99 ($\pm 3,42$) b	81,92 ($\pm 2,63$) ab	3210 (± 71) a

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Coeficiente de variação para MS = 2,68%, para PB = 2,14% e para ED = 0,67%.

Os CDA da MS apresentados pelos alimentos energéticos, nesta pesquisa, apresentaram-se menores que os apresentados para tilápia do Nilo, por Barros et al. (1988b), e para o bagre tropical (*Mistus*

nemorus), por Khan (1994). Esses autores obtiveram, respectivamente, coeficientes de digestibilidade de 88,90 e 85,80%. Foram, ainda, menores que os 90,00% encontrados com a carpa comum (*Cyprinus carpio*) por Kirchgessner et al. (1986). Entretanto, apresentaram-se maiores que o obtido com trutas (*Salvelinos fontinalis*), por Hephher (1988), e com a truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), por Bergot e Bregue (1983), os quais encontraram CDA de 38,00%.

Os CDA para a MS encontrados, nesta pesquisa, pela aveia integral e pela raspa de mandioca foram superiores aos obtidos para alimentos energéticos comumente utilizados em rações, com essa mesma espécie, por Pezzato et al. (2002). Destaca-se que o CDA encontrado para a silagem de milho úmido foi semelhante ao obtido pelo milho extrusado (69,87%), com essa mesma espécie por Pezzato et al. (2002). Os valores de digestibilidade, encontrados neste estudo para a alfafa, o urucum e a algaroba foram semelhantes aos apresentados por Pezzato et al. (2002) para o farelo de arroz (59,29%).

No sentido de melhor visualizar os CDA da MS, aplicou-se o índice relativo de comparação (IRC%), sendo a aveia escolhida como padrão desse grupo de ingredientes. Aplicando-se o índice relativo de comparação (IRC) e atribuindo-se o índice 100,00% ao CDA da MS da aveia, verificou-se que a diferença entre os CDA da aveia integral e da raspa de mandioca foi de apenas 3,61%. Por outro lado, a silagem de milho úmido apresentou-se inferior a aveia em cerca de 12,75%. Entretanto, de forma semelhante, o IRC destacou os piores CDA do feno de alfafa, do urucum e da algaroba, os quais foram inferiores que a aveia, respectivamente, em 26,40; 27,56 e 30,93%.

Submetendo-se os valores dos CDA da proteína bruta (PB) desses alimentos à análise de variância, observou-se, através do teste F, efeito significativo ($p < 0,01$) para tratamentos, com coeficiente de variação de 2,14%. Os CDA (Tabela 4) demonstraram que a silagem de milho úmido (94,26%) e o feno de alfafa (93,36%) apresentaram semelhantes CDA para a proteína bruta e que esses coeficientes foram melhores que o apresentado pela algaroba. Revelaram, ainda, pelo teste de Tukey, que esses dois alimentos apresentaram CDA semelhantes aos encontrados para a aveia integral (90,92%), para a raspa de mandioca (90,22%) e para o urucum (84,25%), os quais se mostraram com CDA, para a PB, semelhantes ao da algaroba (81,92%). É importante observar que embora a algaroba tenha apresentado o menor CDA, dentre esses alimentos, sua digestibilidade pode ser considerada excelente.

Esses CDA mostraram-se semelhantes aos encontrados com o milho (97,90%) por Takeuchi et al. (1994,) com a tilápia híbrida (*Oreochromis niloticus x Oreochromis aureus*), e por Hernández et

al. (1994) com a carpa comum (93,30%). Resultado semelhante foi apresentado pelo farelo de arroz (95,20%) com a tilápia do Nilo, por Barros *et al.* (1988a), e com o farelo de trigo (93,70%), por Henrichfreise e Pfeffer (1992), com a carpa comum. Esses coeficientes foram maiores que os (30,00%) encontrados com o bagre Africano (*Clarias gariepinus*) para o milho, por Clay (1981), e por Khan (1994) com o bagre tropical (51,90%).

Foram, ainda, maiores para o farelo de arroz que os encontrados por Khan (1994) (81,00%) com o bagre tropical (*Mistus nemorus*) e Watanabe *et al.* (1996) com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) quando encontraram um CDA de 88,30%. Entretanto, apresentaram-se inferiores aos do milho extrusado com a carpa comum (96,7%), apresentado por Hernández *et al.* (1994), e com o germe de milho (95,50%) por Watanabe *et al.* (1996) com a tilápia do Nilo.

Os CDA para a PB encontrados nesta pesquisa, pelos seis alimentos energéticos estudados, foram superiores aos obtidos para o sorgo (67,83%), em pesquisa que avaliou os alimentos energéticos comumente utilizados em rações, com essa mesma espécie, por Pezzato *et al.* (2002). Destaca-se que o CDA encontrado, nesta pesquisa, para o urucum, foi semelhante ao obtido pelo germe de trigo (86,77%), com essa mesma espécie, por Pezzato *et al.* (2002). Por outro lado, os valores de digestibilidade, encontrados neste estudo para a silagem de milho úmido, alfafa, raspa de mandioca e aveia integral, foram semelhantes aos apresentados por Pezzato *et al.* (2002) para o farelo de arroz (94,86%), amido de milho (91,99%), farelo de trigo (91,13%), fubá de milho (91,66%) e para o milho extrusado (89,62%).

Esses resultados podem ser destacados atribuindo-se o (IRC) índice 100,00% ao CDA da PB da silagem de milho úmido. Assim, pode-se notar que a silagem de milho úmido apresentou tendência de melhor digestibilidade para a proteína que o feno de alfafa, a aveia integral, a raspa de mandioca e o urucum, respectivamente, em 0,95; 3,54; 4,28 e 10,61%. Pode-se observar, através do IRC, que a silagem de milho úmido apresentou um CDA para a PB, 13,09% superior ao encontrado para a algaroba.

Embora os resultados tenham demonstrado, exceto para a algaroba, similaridade entre a digestibilidade da proteína dos alimentos protéicos, os coeficientes de digestibilidade da silagem de milho úmido e da aveia integral refletiram os ótimos resultados apresentados para a matéria seca. O mesmo não ocorreu com a raspa de mandioca, talvez pelo seu baixo teor protéico.

Os valores médios de energia digestível (kcal/kg) desses ingredientes energéticos alternativos encontram-se na Tabela 4. Submetendo-se os valores de energia digestível (ED/kg) desses alimentos à análise de variância, observou-se através do teste F,

efeito significativo ($P < 0,01$) para tratamentos com coeficiente de variação de 0,67%.

Comparando-se as médias pelo teste de Tukey pode-se constatar ($P < 0,05$) que dentre estes alimentos a algaroba apresentou o maior valor de ED (3210 kcal/kg), sendo esse, semelhante ao apresentado pela raspa de mandioca (3163 kcal/kg). Observou-se, ainda que a raspa de mandioca, o urucum (3063 kcal/kg) e a silagem de milho úmido (3022 kcal/kg) apresentaram semelhantes valores de energia digestível e maiores que a aveia e a alfafa. Por outro lado, a aveia integral e o feno alfafa apresentaram, de forma não semelhante, os menores valores de energia digestível que os demais alimentos, respectivamente, de 2636 e 2503 kcal/kg.

No sentido de melhor destacar esses resultados atribuiu-se o índice 100,00% (IRC) ao valor de ED apresentado pela algaroba. Assim, pôde-se notar que a algaroba apresentou-se com valor de energia digestível, apenas 1,46% superior a raspa de mandioca. Esse índice mostrou que embora o urucum e a silagem de milho úmido tenham se mostrado com energia digestível semelhante à raspa de mandioca, estes foram menores que o revelado pela algaroba, respectivamente, em 4,58 e 5,92%. Por outro lado, a aveia e o feno de alfafa proporcionaram valores inferiores a algaroba, pelo IRC, respectivamente, em 17,88 e 22,02%.

O valor de ED apresentado pela mandioca, urucum e a silagem de milho úmido mostraram-se semelhantes ao obtido para o fubá de milho com a carpa comum (3065 kcal/kg) por Hernández *et al.* (1994) e semelhante ao apresentado por Khan (1994) em estudo com o bagre tropical, de 3091 kcal/kg. A energia digestível apresentada pela algaroba foi semelhante à encontrada no fubá de milho (3316 kcal/kg), em pesquisa desenvolvida por Pezzato *et al.* (2002), com essa mesma espécie.

Entretanto, esses três alimentos (mandioca, urucum e a silagem de milho úmido) apresentaram ED inferior ao do milho extrusado, obtido com o bagre tropical, de (3428 kcal/kg), segundo Khan (1994). O mesmo pode ser aplicado para a ED do farelo de arroz (3091 kcal/kg) em estudo de Takeuchi *et al.* (1994) com a tilápia híbrida.

Os valores de energia digestível (ED) encontrados nesta pesquisa, exceto pela algaroba, foram superiores aos obtidos para o germe de milho (2153 kcal ED/kg) e menores que os apresentados pelo farelo de arroz (3577 kcal ED/kg) e pelo fubá de milho (3316 kcal ED/kg), em pesquisa que avaliou os alimentos energéticos comumente utilizados em rações, com esta mesma espécie, por Pezzato *et al.* (2002). Destaca-se que os CDA encontrados, nesta pesquisa, para a raspa de mandioca, para o urucum e para a silagem de milho úmido foram semelhantes aos obtidos pelo farelo de trigo (3126 kcal ED/kg), com esta mesma espécie por Pezzato *et al.* (2002).

Por outro lado, os valores de digestibilidade, encontrados neste estudo para a aveia integral e para a alfafa foram semelhantes aos apresentados por Pezzato *et al.* (2002) para o sorgo (2779 kcal ED/kg) e para o amido de milho (2515 kcal ED/kg).

Pôde-se notar que a aveia integral e a silagem de milho úmido apresentaram excelentes CDA para a MS e a PB, embora esses alimentos não tenham apresentado os maiores valores de ED. Por outro lado, a raspa de mandioca destacou-se pelo excepcional CDA para a MS e pelo seu valor de ED.

Alimentos protéicos

Os valores médios dos CDA (coeficientes de digestibilidade aparente) da matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) e a energia digestível (kcal ED/kg) dos alimentos protéicos encontram-se na Tabela 5. Submetendo os valores de digestibilidade da matéria seca desses alimentos à análise de variância observou-se, através do teste F, efeito significativo ($p < 0,01$) para tratamentos, com coeficiente de variação de 3,44%. Comparando-se as médias pelo teste de Tukey pôde-se constatar ($P < 0,05$) que o soro de leite apresentou, dentre os alimentos protéicos, o melhor coeficiente de digestibilidade da matéria seca. Pôde-se observar que a levedura de álcool e o farelo de coco apresentaram semelhantes coeficientes de digestibilidade, sendo esses melhores que os obtidos pela leucena e pelo farelo de soja integral. Semelhantes coeficientes de digestibilidade foram, ainda, apresentados pela leucena e pelo farelo de soja integral, os quais apresentaram os piores coeficientes de digestibilidade para a MS (Tabela 5).

Tabela 5. Digestibilidade aparente e desvio padrão (%) dos alimentos protéicos pela tilápia do Nilo. Valores expressos em 100% da matéria seca.

Alimento	Digestibilidade (%)		Energia digestível (kcal/kg)
	Matéria seca	Proteína bruta	
Soja integral	30,12	56,25	2485
	33,19	50,91	2505
	30,74	55,05	2465
Média	31,35 ($\pm 1,32$) c	54,07 ($\pm 2,28$) c	2500 (± 32) e
Farelo de coco	63,52	81,6	3015
	58,99	90,90	3010
	58,08	87,78	2910
Média	60,19 ($\pm 2,38$) b	86,78 ($\pm 3,83$) a	2990 (± 59) c
Leucena	35,92	70,91	2725
	39,95	75,60	2680
	36,99	71,11	2695
Média	37,62 ($\pm 1,70$) c	72,54 ($\pm 2,16$) b	2700 (± 18) d
Levedura de álcool	81,19	80,51	3.518
	72,65	93,69	3.719
	69,11	91,54	3.623
Média	67,75 ($\pm 4,79$) b	88,58 ($\pm 5,77$) a	3620 (± 82) a
Soro de leite	80,61	91,10	3350
	93,10	93,92	3490
	86,91	89,96	3360
Média	86,87 ($\pm 5,09$) a	91,66 ($\pm 1,66$) a	3400 (± 63) b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P > 0,05$); Coeficiente de variação para MS = 3,44%, para PB = 2,68% e para ED = 0,34%.

A digestibilidade da MS apresentada, nessa pesquisa, apresentou-se inferior ao obtido para o farelo de soja (95,50%) por Pezzato *et al.* (1988) em estudo com essa mesma espécie (tilápia do Nilo). Entretanto, este CDA foi semelhante ao encontrado, com o farelo de soja por Barros *et al.* (1988), em estudo com a tilápia do Nilo, quando obtiveram para a MS, CDA de 84,80%.

O CDA para a MS encontrado, nesta pesquisa, pelo soro de leite foi superior aos obtidos para alimentos protéicos de origem vegetal comumente utilizados em rações, com essa mesma espécie, por Pezzato *et al.* (2002). Os CDA para a MS encontrados, nesta pesquisa, pelos cinco alimentos protéicos alternativos foram inferiores ao obtido pelo glúten de milho-60 (91,96%), com essa mesma espécie, por Pezzato *et al.* (2002).

Destaca-se que o CDA encontrado para a leucena, nesta pesquisa, mostrou-se semelhante ao obtido com essa mesma espécie, por Pezzato *et al.* (2002), com o farelo de canola (66,38%) e o farelo de algodão (53,11%). Por outro lado, o CDA da MS encontrado, nesta pesquisa, pela leucena mostrou-se inferior aos alimentos protéicos pesquisados com essa mesma espécie, por Pezzato *et al.* (2002).

No sentido de melhor visualizar esses resultados atribuiu-se o índice 100,00% (IRC) ao CDA para MS apresentado pelo soro de leite. Assim, pôde-se notar que a levedura de álcool e o farelo de coco apresentaram CDA semelhantes e menores que apresentado pelo soro de leite em 22,00 e 30,71%, respectivamente. A leucena e a soja integral com CDA semelhantes, obtiveram digestibilidade muito inferiores ao soro de leite, respectivamente, em 56,69 e 63,91%.

Submetendo os valores de digestibilidade da proteína bruta dos alimentos protéicos (Tabela 5) à análise de variância, observou-se, através do teste F, efeito significativo ($P < 0,01$) para tratamentos, com coeficiente de variação de 2,68%. Comparando-se as médias pelo teste de Tukey pôde-se constatar ($P < 0,05$) que foram semelhantes os CDA apresentados pelo soro de leite (91,66%), pela levedura de álcool (88,58%) e pelo farelo de coco (86,78%), sendo estes melhores que os demais. Pôde-se observar, ainda, que o CDA da leucena (72,54%) diferiu do apresentado pela soja integral (54,07%).

Os coeficientes de digestibilidade aparente da PB apresentados pelo soro de leite, pela levedura de álcool e pelo farelo de coco foram maiores que o encontrado para o farelo de soja (84,30%), por Clay (1981), com o bagre Africano. Foram melhores, ainda, que os obtidos com o farelo de soja (69,80%), por Degani *et al.* (1997), com a carpa comum e aos apresentados por Fernández *et al.* (1998), que encontraram com o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) 79,20%. Entretanto, os CDA da PB apresentados pelo soro de leite, pela levedura de álcool e pelo farelo de

coco foram semelhantes aos obtidos com o farelo de soja com pacus jovens (82,80 a 95,20%) por Stech e Carneiro (1998) e ao apresentado pela tilápia do Nilo por Hanley (1987), de 91,00%. Foram, ainda, similares ao CD apresentado pelo glúten de milho (89,88%) com a truta arco-íris, encontrado por Sugiura *et al.* (1998).

O CDA para a PB encontrado, nesta pesquisa, pelo soro de leite foi semelhante aos obtidos pelo farelo de soja (91,56%) e pelo glúten-60 (95,56%), por Pezzato *et al.* (2002), em pesquisa que avaliou com essa mesma espécie os alimentos protéicos comumente utilizados em rações. Destaca-se que os CDA encontrados, para proteína bruta, nesta pesquisa, mostraram-se semelhantes, respectivamente, para a levedura, farelo de coco e pela leucena, aos obtidos com essa mesma espécie, por Pezzato *et al.* (2002) com o glúten de milho-21 (89,88%), com o farelo de canola (87,00%) e, com o farelo de algodão (74,87%). Entretanto, o CDA da PB encontrado neste estudo para a soja integral foi inferior aos CDA apresentados por Pezzato *et al.* (2002) para a PB dos alimentos protéicos de origem vegetal, que estudaram (farelo de soja, 91,56%; glúten de milho-21, 89,88%; glúten de milho-60, 95,96%; farelo de canola, 87,00% e farelo de algodão, 74,87%).

Dentre os alimentos protéicos alternativos, o soro de leite foi escolhido como padrão, ao qual atribuiu-se o índice 100% (IRC) ao seu CDA médio da proteína bruta (91,66%). Assim, pelo IRC, esse alimento apresentou CDA superior a levedura em 3,36% e ao farelo de coco em 5,32% e significativamente maior (pelo IRC) que a leucena e a soja integral, respectivamente, em 20,85 e 41,01%.

Pôde-se observar que o soro de leite apresentou os melhores CDA para a MS e a PB. Observou-se, ainda, que a leucena e a soja integral apresentaram os piores CDA para a MS e PB.

Submetendo os valores de energia digestível (ED) dos alimentos protéicos (Tabela 5) à análise de variância, observou-se através do teste F efeito significativo ($P < 0,01$) para tratamentos, com coeficiente de variação de 0,34%. Comparando-se as médias pelo teste de Tukey pôde-se constatar ($P < 0,05$) que todos os tratamentos diferiram entre si e que a levedura apresentou a maior energia digestível (3620 kcal/kg).

Através da Tabela 5 pode-se constatar que, em ordem decrescente, os melhores valores de energia digestível foram apresentados pela levedura, pelo soro de leite (3400 kcal/kg), pelo farelo de coco (2990 kcal/kg), pela leucena (2700 kcal/kg) e pela soja integral (2500 kcal de ED/kg).

Os valores de ED encontrados, nesta pesquisa, para os seis alimentos mostraram-se superiores aos obtidos pelo farelo de soja (2336 kcal/kg), com essa mesma espécie por Hanley (1987). Destaca-se que os

valores de ED encontrados, nesta pesquisa, para a levedura, o soro de leite e o farelo de coco foram superiores aos obtidos com o bagre tropical para o farelo de soja (2828 kcal/kg) por Khan (1994), o qual se mostrou superior aos apresentados pela leucena e pela soja integral. Por outro lado, os valores de ED, desta pesquisa, para a levedura e o soro de leite mostraram-se superiores aos encontrados com o farelo de soja (3116 kcal/kg), em pesquisa com a carpa comum, por Degani *et al.* (1997).

Os valores de energia digestível (ED) encontrados, nesta pesquisa, pela levedura de álcool e o farelo de coco foram semelhantes aos obtidos por Pezzato *et al.* (2002), com essa mesma espécie, respectivamente, para o glúten de milho-60 (3564 kcal ED/kg), glúten de milho-21 (3193 kcal ED/kg) e pelo farelo de canola (3074 kcal ED/kg). Entretanto, o valor de energia digestível (ED) obtido, neste estudo, para a soja integral foi inferior aos apresentados por Pezzato *et al.* (2002) para a ED de todos os alimentos protéicos de origem vegetal (farelo de soja, 3064 kcal ED/kg; glúten de milho-21, 3193 kcal ED/kg; glúten de milho-60, 3564 kcal ED/kg; farelo de canola, 3074 kcal ED/kg e farelo de algodão, 2111 kcal ED/kg).

Através do IRC, quando se atribuiu índice 100,00% ao valor de ED apresentado pela leucena, pôde-se observar que esta se revelou 6,07% superior ao soro de leite, 17,40% que o farelo de coco, 25,41% que a leucena e 30,93% superior a soja integral.

Pode-se observar (Tabela 5) que o soro de leite e a levedura de álcool destacam-se por apresentar os melhores CDA para a MS e PB, além dos maiores valores de ED. Ressalta-se que o farelo de coco apresentou bons CDA para a MS e PB e valores de ED. Observou-se, ainda, que a leucena e a soja integral apresentaram os piores CDA para a MS e PB e os menores valores de ED.

Com base nos resultados dos CDA, encontrados nessa pesquisa, pode-se concluir que: a) dentre os alimentos energéticos a raspa de mandioca e a silagem de milho úmido destacam-se por apresentarem os melhores CDA para a MS e a PB, além de maiores valores de ED; b) embora a aveia tenha apresentado bom CDA para a MS e PB, não se revelou boa fonte energética para a tilápia do Nilo; c) que a algaroba proporciona excelente valor de energia digestível; d) e; dentre os alimentos protéicos: o soro de leite, a levedura de álcool e o farelo de coco destacam-se por apresentarem os melhores CDA para a MS e a PB, além dos maiores valores de ED; e) a leucena e a soja integral apresentam os piores CDA para a MS e PB e, os menores valores de ED.

Referências

ANDRIGUETO, J.M. *et al.* *Nutrição Animal*. Curitiba:

- Nobel, 1982.
- AOAC-ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official methods of analysis*. Washington: A.O.A.C., 1975.
- BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de fontes alimentares alternativas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO, 6 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUIQUICULTURA, 5., 1988, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABRAq, 1988a. p.428-432.
- BARROS, M.M. et al. Digestibilidade aparente de fontes energéticas pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO, 6 SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUIQUICULTURA, 1988, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis: ABRAq, 1988b. p.433-437.
- 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.
- CARNEIRO, D.J., PIRES, C.T. Determinação da digestibilidade aparente da proteína e da matéria seca dos principais alimentos para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: AQUIQUICULTURA BRASIL'98, 10., 1998, Recife. *Anais...* Recife: ABRAq, 1998. p.18.
- CLAY, D. Utilization of plant materials by juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) and its importance in fish culture. *J. Limnol. Soc. South. Afr.*, Krynburg, v.7, n.2, p. 47-56, 1981.
- CYRINO, J.E.P. et al. Digestibilidade da proteína de origem animal e vegetal pelo matrinxã (*Brycon cephalus*). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUIQUICULTURA, 5., 1986, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá: ABRAq, 1986. p.49-62.
- DEGANI, G. et al. Apparent digestibility coefficient of protein sources for carp (*Cyprinus carpio*). *Aquac. Res.*, Oxford, v.28, p.23-28, 1997.
- EUCLYDES, R.F. *Manual de utilização do programa SAEG* (Sistema para análises estatísticas e genéticas). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- FERNANDES, J.B.K. et al. Fontes e níveis de proteína bruta para alevinos e juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: AQUIQUICULTURA BRASIL'98, 10., 1998, Recife. *Anais...* Recife: ABRAq, 1998. p.10.
- FURUYA, W.M. et al. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.30, n.4, p.1143-1149, 2001a.
- FURUYA, W.M. et al. Digestibilidade aparente da energia e nutrientes do farelo de canola pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.30, n.3, p.611-616, 2001b.
- GRANER, C.A.F. *Determinação do cromo pelo método colorimétrico da S-difenilcarbazida*. 1972. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1972.
- HANLEY, F. The digestibility of foodstuffs and effects of feeding selectivity and digestibility determinations in tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.66, p.163-179, 1987.
- HENRICHFREISE, B.; PFEFFER, E. Wheat and wheat starch as potential sources of digestible energy for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, Berlin, v.67, p.143-147, 1992.
- HEPHER, B. *Nutrition of pond fishes*. New York: Cambridge University Press. 1988.
- HERNÁNDEZ, M. et al. Effect of gelatinized corn meal as a carbohydrate source on growth performance, intestinal evacuation, and starch digestion in common carp. *Fish. Sci.*, Tokyo, v.60, n.5, p.579-582, 1994.
- KHAN, M.S. Apparent digestibility coefficients for common feed ingredients in formulated diets for tropical catfish (*Mystus nemorus*). *Aquacul. Fish. Manag.*, Oxford, v.25, n.2, p.167-174, 1994.
- KIRCHGESSNER, M. et al. Digestibility of crude nutrients in different feeds and estimation of their energy content for carp (*Cyprinus carpio*). *Aquaculture*, Amsterdam, v.58, p.185-194, 1986.
- LOVELL, T. *Nutrition and feeding of fish*. London: Academic Press. 1988.
- MAYNARD, L.A., LOOSLY, J.K. *Nutrição Animal*. Rio de Janeiro: McGraw Hill, 1966.
- MIRANDA, E.C. et al. Disponibilidade aparente de fósforo em ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, Maringá, v.22, n.3, p.679-675, 2000.
- NRC - National Research Council. *Nutrient requirements of fish*. Washington, D.C.: National Academy Press, 1993.
- PEZZATO, L.E. *Digestibilidade em Peixes*. 2001. Botucatu: Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2001. Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.
- PEZZATO, L.E. et al. Digestibilidade aparente de ingredientes pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootec.*, Viçosa, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.
- PEZZATO, L.E. et al. Valor nutritivo do farelo de coco para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum*, Maringá, v.22, n.3, p.695-699, 2000.
- PONGMANEERAT, J., WATANABE, T. Nutritional evaluation of soybean meal for rainbow trout and carp. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, Nissuishi, v.59, n.1, p.157-163. 1993.
- STECH, M.R., CARNEIRO, D.J. Utilização do farelo de soja e da soja integral na alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). III Digestibilidade da fração protéica In: AQUIQUICULTURA BRASIL'98, 10., 1998, Recife. *Anais...* Recife: ABRAq, 1998. p.16.
- SUGIURA, S.H. et al. Apparent protein digestibility and mineral availabilities in various feed ingredients for salmonid feeds. *Aquaculture*, Amsterdam, v.159, p.177-202, 1998.
- TAKEUCHI, T.T. et al. Nutritive value of gelatinized corn meal a carbohydrate source to glass carp and hybrid tilapia. *Fish. Sci.*, Tokyo, v.60, n.5, p.573-577, 1994.
- UFODIKE, E.B., MATTY, A.J. Growth responses and nutrient digestibility in mirror carp (*Cyprinus carpio*) fed different levels of cassava and rice. *Aquaculture*, Amsterdam, v.31, p.41-50, 1983.
- WANG, K.W. et al. Optimum protein and digestible energy levels in diets for tilapia nilotica. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, Nissuishi, v.51, n.1, p.141-146, 1985.

WATANABE, T. *et al.* Digestive crude protein contents in various feedstuffs determined with four freshwater fish species. *Fish. Sci.*, Tokyo, v.62, n.2, p.278-282, 1996.

Received on February 09, 2004.

Accepted on July 14, 2004.