

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**NÍVEIS DE PROTEÍNA E ENERGIA DIGESTÍVEIS PARA TILÁPIA-DO-NILO
CRIADA EM TANQUES-REDE NA FASE DE TERMINAÇÃO**

JOÃO FERNANDO ALBERS KOCH

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor

BOTUCATU - SP
Julho – 2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CÂMPUS DE BOTUCATU

**NÍVEIS DE PROTEÍNA E ENERGIA DIGESTÍVEIS PARA TILÁPIA-DO-NILO
CRIADA EM TANQUES-REDE NA FASE DE TERMINAÇÃO**

JOÃO FERNANDO ALBERS KOCH

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato

Co-orientadora: Prof. Dra. Margarida Maria Barros

Co-orientadora: Prof. Dra. Maura Seiko Tsutsui Esperancini

Tese apresentada ao Programa de
Pós-graduação em Zootecnia como
parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutor

BOTUCATU - SP
Julho – 2013

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

K76n Koch, João Fernando Albers, 1982-
Níveis de proteína e energia digestíveis para Tilápia-
do-Nilo criada em tanques-rede na fase de terminação /
João Fernando Albers Koch. - Botucatu : [s.n.], 2013
xi , 106 f. : il., grafs., tabs.

Tese(Doutorado)-Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu,
2013

Orientador: Luiz Edivaldo Pezzato

Coorientadora: Margarida Maria Barros

Coorientadora: Maura Seiko Tsutsui Esperancini

Inclui bibliografia

1. Tilápia (Peixe). 2. Hematologia. 3. Tilápia (Peixe)
- Stress (Fisiologia). 4. Tilápia (Peixe) - Homeostase. 5.
Proteínas - Metabolismo. I. Pezzato, Luiz Edivaldo. II.
Barros, Margarida Maria. III. Esperancini, Maura Seiko
Tsutsui. V. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mes-
quita Filho"
(Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia. III. Título.

Dedicatória

Aos meus pais, Carlos Roberto Koch e Marcia Albers Koch, meus "alicerces", meus exemplos de caráter, responsabilidade, trabalho e união. Muito obrigado pelos conselhos durante esta trajetória e pelas infinitas palavras de incentivo e de amor. Os senhores são minha vida! Amo vocês!

Às minhas irmãs, Érika R. Koch e Karina R. Koch, grande amigas, queridas companheiras e incondicionais incentivadoras. Muito obrigado "minhas lindas"!

Aos meus sobrinhos Diogo Koch Felipe e Fábio Frias, os tesouros da família. Obrigado meus amores, pela alegria, união e "paz" que trouxeram para nossa casa!

À minha avó Eunice Ravanini Albers (vozinha Nice), que teve que partir durante meu doutoramento, mas não sem antes deixar o legado de me ensinar a pescar, a amar a beira dos rios e a respeitar sempre a natureza. Nós sabemos vozinha, que a senhora teve grande contribuição nessa minha paixão pelos peixes. Saudades sempre!

À minha namorada Giovana Seloti, por todo incentivo, amizade, respeito e carinho de sempre. Obrigado pela paciência meu amor!

Agradecimentos

A Deus, por ter me dado saúde, amigos maravilhosos e uma família especial para que eu sempre tivesse apoio para alcançar esse meu sonho.

Ao meu mestre, grande amigo e querido orientador Dr. Luiz Edivaldo Pezzato. Professor, muito obrigado por tudo, pelos ensinamentos, pela dedicação, pela amizade e pelos incentivos e inúmeras palavras sábias. Sabíamos que encontraríamos dificuldades para realizar um trabalho em campo, mas o senhor nunca mediu esforços para esta realização. Obrigado Professor, por toda a confiança depositada em mim. Estará sempre em meu coração!

À minha grande amiga e co-orientadora Dr^a. Margarida Maria Barros, exemplo de responsabilidade, de luta, trabalho e compromisso com o meio acadêmico. Obrigado Professora, pelo incondicional apoio, palavras e amizade durante esses nossos seis anos de Botucatu. Obrigado pela paciência, suor e confiança nesse projeto e, principalmente, pelas inúmeras conversas de incentivo e sugestões que tivemos. Deixar de utilizar “senhora” não foi possível, infelizmente. A senhora foi fundamental nessa jornada, muito obrigado!

À minha co-orientadora Dr^a. Maura Seiko Esperancini, por todas as críticas e sugestões com o capítulo de análise econômica, que contribuíram muito para essa pesquisa.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FMVZ/UNESP, Botucatu, pela oportunidade de cursar o doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, processo 09/54414-5, pela concessão da bolsa de estudos, essencial para a realização dessa pesquisa.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, processo (201870/2011-8) pela concessão da bolsa de doutorado Sanduíche, modalidade SWE.

Ao Dr. Carlos Roberto Padovani e Dr. Vitor Barbosa Fascina, pelos inúmeros auxílios com as análises estatísticas.

Ao Dr. Wilson Massamitu Furuya, por todos os auxílios em Maringá-PR (Fábrica de ração) e demais contribuições com as dietas e aquisição dos aminoácidos.

Ao senhor Edgar Ishikawa e a Ajinomoto, pela doação dos aminoácidos.

À Mogiana Alimentos, em especial ao senhor João Manoel Cordeiro Alves, pela doação do premix vitamínico e mineral.

Aos Professores Dr. José Roberto Sartori e Dr. João Scorvo-Filho pela participação, críticas e sugestões durante o exame geral de qualificação.

Muito obrigado aos Professores que participaram da banca de defesa de tese, Dr. Wilson Massamitu Furuya, Dr. José Roberto Sartori, Dr^a. Priscila Vieira Rosa, Dr. Ricardo de Oliveira Orsi e ao meu orientador Dr. Luiz Edivaldo Pezzato, pela presença, por todo o carinho e paciência na leitura desse material, além das sugestões que nos auxiliarão muito para as publicações.

À funcionária do laboratório de bromatologia, Gisele Setznagl, pela responsabilidade e dedicação com as amostras.

Aos funcionários do Programa de Pós-graduação, Seila Cristina Cassineli, Carlos Pazini Junior e Aline Eliane Couto, pela amizade e inúmeros auxílios durante esse período.

Aos Professores Dr. Dirlei Antonio Berto, Dr. Antonio Celso Pezzato e Dr. José Eurico Possebon Cyrino, pela contribuição científica e amizade nesses anos de convivência.

Ao Dr. Carl Webster, Dr. Steve Mims e Dr. James Tidwell pela oportunidade, por todo incentivo, amizade e respeito durante a vivência em Kentucky.

Aos meus amigos do AquaNutri, Ademir Calvo Fernandes Junior, Caroline Pelegrina Teixeira, Pedro Luiz Pucci Figueiredo de Carvalho, Felipe Tenório Cintra, André Moreira Bordinhon, Graciela Pessoa Martins, Altevir Signor, Flávia Mota Damasceno, Rafael Lopes da Silva, Renan de Mattos Botelho, Mariucha Karina Honório Ribeiro Rocha, Vivian Gomes do Santos, Mariana Roedel Lopez Viera Peixoto, Éric Portilho Araújo, Jakeline Marcela Azambuja, João Vitor de Queiroz, Lara Genovez, Igo Gomes Guimarães, Daniel de Magalhães Araújo, Rosângela do Nascimento Fernandes, Fernando Kojima Nakagome e a estagiária Daniella Coimbra, por toda a ajuda, amizade e convivência durante esses anos.

Aos amigos “irmãos” de república, Pedro Luiz Pucci Figueiredo de Carvalho (Pedão), Ademir Calvo Fernandes Junior (Xuxa), Felipe Tenório Cintra (Ixi), Cauê Augusto Surge, Leticia Inamassu (Purê), Everton Moreno Muro (Nator), Rodrigo Munno e Marcos Vinicius Guiduce, pela amizade, confiança e infinitos risos compartilhados. Vocês têm um lugar mais que especial em meu coração. Obrigado meus queridos amigos!

Aos meus amigos “das aves” Vitor, Juliana, Ivan, Guilherme, Daniela, Francine, Tiago e Mariana, pela amizade e carinho.

Aos amigos Lúcio Girão, Ana Cristina Stradioti e Natália Bortoleto Athaide, amigos brasileiros que foram fundamentais, principalmente durante o período nos Estados Unidos.

Ao Rafael Cuevas e Elibe Noriega, pela harmoniosa convivência, amizade e apoio durante os quatro meses nos Estados Unidos.

Ao meu primo, irmão e grande amigo Bruno Kauffmann Koch e a Marcela Beneditto, por todo carinho, risadas e palavras de incentivo durante essa jornada.

Aos meus cunhados Rinaldo D. Felipe e Fábio Armando Frias, pelo apoio, carinho e amizade.

Aos meus tios e tias (Benedito Albers e Lígia, Marcos e Renata), minhas primas (Camila, Mariá e Luisa) e meus padrinhos (Vado e Odila), pelo carinho e torcida.

Aos meus amigos Kenneth Thompson, Vaumm Cummins, Yuka Kobayashi, Hunter e Zach Martin pela paciência, risos e auxílios durante o doutoramento sanduíche.

Aos demais amigos Rafael Karnac, Márcio Scherma, Diego de Oliveira Carvalho, Alessandro Borges Amorim, Thiago Asmar, Mariana Desiderá, Natália Vital, Eduardo Moreira, Carlos Leme, Renato Faldoni, Tiago Faldoni, Marcus Vinícius Benedito, Douglas Moreira, Matheus Docema, Josuel Romanzotti, Lucas Hebermann, Thiago da Luz, Cristiano Andrade e Rafael Lima, por toda nossas risadas, momentos bons e amizade compartilhada.

Ao senhor Ademir Fernandes e ao amigo Ademir Calvo Fernandes Junior, proprietários da Piscicultura Fernandes, por permitir a realização desse estudo na propriedade. Muito obrigado por todo suporte, no dia-a-dia e na montagem das estruturas e laboratório.

Ao Senhores: Miguel, Guerra, Belotto, Otair e José, e ao Bil e Graozão, que foram fundamentais em Palmital-SP, durante o período de condução do experimento, seja auxiliando no dia-a-dia ou abrindo as portas de suas casas durante as festividades de final de ano. Muito obrigado!

À minha primeira orientadora e grande amiga Dra Ana Tereza Mendonça Viveiros, que me apresentou para a ciência, me ensinando sempre com muito carinho e dedicação. Professora, a senhora foi fundamental nesse meu título.

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|---|--------|
| CAPÍTULO I | |
| CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 2 |
| Figura 1. Esquema dos efeitos primários e secundários do estresse em peixes (Mazeaud et al. (1977))..... | 22 |
| CAPÍTULO II | |
| NÍVEIS DE PROTEÍNA E ENERGIA DIGESTÍVEIS PARA A TILÁPIA- DO-NILO CRIADA EM TANQUES-REDE NA FASE DE TERMINAÇÃO: DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS..... | 41 |
| Figura 1. Ganho de biomassa médio por tanque-rede de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo níveis de proteína digestível, independente do nível energético..... | 66 |
| Figura 2. Conversão alimentar aparente de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo níveis de proteína digestível, independente do nível energético. | 66 |

LISTA DE TABELAS

| | Página |
|---|--------|
| CAPÍTULO II | |
| NÍVEIS DE PROTEÍNA E ENERGIA DIGESTÍVEIS PARA A TILÁPIA-DO-NILO CRIADA EM TANQUES-REDE NA FASE DE TERMINAÇÃO: DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS..... | 41 |
| Tabela 1. Composição percentual e químico-bromatológica calculada das dietas experimentais (base na matéria natural)..... | 67 |
| Tabela 2 – Média \pm desvio padrão da biomassa inicial, peso médio inicial, biomassa final, ganho de biomassa, conversão alimentar aparente, peso final médio e sobrevivência de tilápias-do-Nilo arraçadas por 60 dias com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis..... | 68 |
| Tabela 3 – Média \pm desvio padrão da taxa de eficiência protéica, rendimentos de filé e de carcaça e, índices hepatosomático e de gordura visceral de tilápia-do-Nilo arraçadas por 60 dias com dietas contendo níveis proteína e energia digestíveis..... | 69 |
| Tabela 4 - Porcentagem média \pm desvio padrão da umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral dos filés de tilápia-do-Nilo arraçadas por 60 dias com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis (base na matéria natural)..... | 70 |
| Tabela 5 – Porcentagem média \pm desvio padrão da umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral da carcaça de tilápia-do-Nilo arraçadas por 60 dias com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis (base na matéria natural)..... | 71 |
| Tabela 6 – Desdobramento da interação de proteína e energia digestíveis (valores médios \pm desvio padrão) para número de eritrócitos, porcentagem de hematócrito e taxa de hemoglobina de tilápia-do-Nilo arraçada durante 60 dias e submetidas a estresse por transporte..... | 72 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 7 – Desdobramento da interação de proteína e energia digestíveis (valores médios \pm desvio padrão) para volume corpuscular médio, concentração de hemoglobina corpuscular média e proteína plasmática total de tilápia-do-Nilo arraçoada durante 60 dias e submetidas a estresse por transporte..... | 73 |
| Tabela 8 – Desdobramento da interação de proteína e energia digestíveis (valores médios \pm desvio padrão) para porcentagem de linfócitos e mediana (valor mínimo:valor máximo) da porcentagem de neutrófilos e monócitos de tilápias-do-Nilo arraçadas durante 60 dias e submetidas a estresse por transporte..... | 74 |
| CAPÍTULO III | |
| ANÁLISE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE TILÁPIAS EM TANQUES-REDE ALIMENTADAS COM NÍVEIS DE PROTEÍNA E ENERGIA DIGESTÍVEIS NA FASE DE TERMINAÇÃO..... | 76 |
| Tabela 1. Composição percentual, preços finais, químico-bromatológica calculada* e proteína bruta analisada* das dietas fornecidas às tilápias-do-Nilo por 60 dias (*base na matéria natural)..... | 99 |
| Tabela 2. Valores médios das variáveis de desempenho produtivo utilizadas na análise econômica de tilápias-do-Nilo criadas em tanques-rede (TR) e arraçadas por 60 dias com as dietas experimentais..... | 100 |
| Tabela 3. Indicadores econômicos da produção de tilápia-do-Nilo criadas em tanques-rede (TR) e arraçadas por 60 dias com as dietas experimentais..... | 101 |
| Tabela 4. Indicadores econômicos da produção de filés de tilápia-do-Nilo criadas em tanques-rede (TR) e arraçadas por 60 dias com as dietas experimentais..... | 102 |

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| CAPÍTULO I | |
| CONSIDERAÇÕES INICIAIS..... | 2 |
| 1. Tilápias..... | 2 |
| 2. Criação de peixes em tanques-rede..... | 3 |
| 3. Proteína..... | 6 |
| 4. Energia..... | 11 |
| 5. Relação Energia:Proteína (E/P)..... | 14 |
| 6. Análise econômica..... | 19 |
| 7. Estresse animal..... | 21 |
| 8. Hematologia de peixes..... | 23 |
| 9. Referências..... | 28 |
| CAPÍTULO II | |
| NÍVEIS DE PROTEÍNA E ENERGIA DIGESTÍVEIS PARA A TILÁPIA- DO-NILO CRIADA EM TANQUES-REDE NA FASE DE TERMINAÇÃO: DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPOSIÇÃO CORPORAL E PARÂMETROS HEMATOLÓGICOS..... | 41 |
| Resumo..... | 41 |
| Abstract..... | 42 |
| Introdução..... | 43 |
| Material e Métodos..... | 45 |
| <i>Análises hematológicas</i> | 46 |
| <i>Desafio por transporte</i> | 47 |
| <i>Desempenho produtivo</i> | 47 |
| <i>Composição bromatológica dos filés e carcaça dos peixes</i> | 48 |
| Análise estatística..... | 49 |
| Desempenho produtivo..... | 49 |
| Análises hematológicas..... | 49 |
| Resultados..... | 49 |
| Discussão..... | 52 |

| | |
|--|-----|
| Referências..... | 59 |
| CAPÍTULO III | |
| ANÁLISE ECONÔMICA DA CRIAÇÃO DE TILÁPIAS EM TANQUES– REDE ALIMENTADAS COM NÍVEIS DE PROTEÍNA E ENERGIA DIGESTÍVEIS NA FASE DETERMINAÇÃO..... | 76 |
| RESUMO..... | 76 |
| ABSTRACT..... | 77 |
| Introdução..... | 78 |
| Material e Métodos..... | 80 |
| Desempenho produtivo e econômico..... | 83 |
| Resultados e Discussão..... | 85 |
| Conclusão..... | 93 |
| Referências..... | 94 |
| CAPÍTULO IV | |
| Implicações..... | 104 |

Capítulo I

Considerações iniciais

Considerações iniciais

1. Tilápias

As tilápias, diversas espécies dos gêneros *Oreochromis* e *Tilapia*, compõem o grupo de peixes que mais cresce em comercialização mundial, especialmente pelo aumento da sua produção na China e em outros países em desenvolvimento, como o Brasil. São espécies nativas da África, Israel e Jordânia, se espalhando pelo mundo nos últimos 50 anos e, hoje, produzidas em mais de 100 países, nos mais diversos climas, sistemas de produção e salinidades de água (HEMPEL, 2002).

As pesquisas para criação de tilápias tiveram início no Congo Belga, atual Zaire, no começo do século XIX. A partir de 1924, sua criação foi intensificada no Quênia e sua expansão para outras partes do mundo se deu a partir da Malásia (CAMPO, 2008).

Segundo Likogwe et al. (1996), a espécie de tilápia mais conhecida provavelmente é a tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus*. Esta apresenta adaptabilidade a condições adversas, tendo grande importância para a aquicultura. É uma espécie tropical cuja temperatura ideal de desenvolvimento varia entre 25 e 30 °C, tendo seu crescimento afetado abaixo de 15 °C e não resistindo a temperaturas por volta de 9 °C, segundo Cyrino & Conte (2006).

Como características desejáveis dessa espécie pode-se citar rápido crescimento, alimentar-se dos itens básicos da cadeia trófica e, ser onívora, respondendo com a mesma eficiência a ingestão de proteínas de origem vegetal e animal. Possui ainda capacidade fisiológica de adaptação em diferentes ambientes e sistemas de produção, sendo resistentes a doenças, altas densidades de estocagem e suportando baixos níveis de oxigênio dissolvido. Em relação à qualidade da carne, esta é saborosa e contém baixo teor de gordura no filé (0,9%) e baixa caloria (117 kcal/100g). O rendimento de filé é ao redor de 35 a 40%, e este é ausente de espinhos em forma de “Y”, o que a torna apropriada para industrialização (ONO & KUBITZA, 2003; CYRINO & CONTE, 2006).

Apesar de compor um grupo com mais de 70 espécies de dois gêneros (*Tilapia* e *Oreochromis*), segundo a FAO (2007), 80% das tilápias produzidas no mundo são acinzentadas “nilóticas” ou do “Nilo”. No Brasil, a tilapicultura segue a tendência

mundial, com predominância de 80% de tilápias nilóticas e 20% de tilápias vermelhas. A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), a tilápia mossambica (*Oreochromis mossambicus*) e a tilápia azul (*Oreochromis aureus*), são as que atingiram maior destaque (RANA, 1998; FAO, 2007).

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) foi introduzida no Brasil em 1971, pelo Departamento de Obras contra Seca (DNOCS), com o objetivo de povoar de alevinos os reservatórios públicos da região Nordeste (NOGUEIRA, 2007). O empecilho encontrado na época, que prejudicou o desenvolvimento da atividade, foi a deficiência de conhecimentos técnicos. Com o desenvolvimento científico, difusão das técnicas de cultivo e aperfeiçoamento da metodologia de inversão sexual, a tilapicultura ganhou impulso e desenvolvimento no Brasil na década de noventa, sendo o estado do Paraná considerado o maior produtor até meados de 2003, quando foi ultrapassado pelo Estado do Ceará (SEBRAE, 2008).

Devido as mais diversas pesquisas nas áreas de melhoramento genético, nutrição e reprodução, bem como a grande aceitação da carne pelo mercado consumidor, o cultivo de tilápias se tornou hoje uma das principais atividades aquícolas do Brasil.

2. Criação de peixes em tanques-rede

A criação de peixes em tanques-rede ou gaiolas é classificado como sistema intensivo de produção, com alta e contínua renovação de água, que promove remoção dos metabólitos e dejetos produzidos pelos peixes, mantendo a qualidade da água (COLT & MONTGOMERY, 1991). Os mesmos autores destacaram ainda, que esta atividade se trata de excelente alternativa para o aproveitamento de corpos d'água inexplorados pela piscicultura convencional, além de dispensar o desmatamento de grandes áreas e evitar problemas de erosão e assoreamento (CARDOSO et al., 2005).

A criação de peixes em tanques-rede tem crescido nos países como China, Indonésia e Brasil, e devido às vantagens que apresenta sobre sistemas convencionais de cultivo, tende a tornar-se o mais importante sistema de criação (ZANIBONI FILHO et al., 2005).

Cyrino & Conte (2006) relataram que o sistema de produção de peixes em tanques-rede apresenta muitas vantagens, tais como: menor variação dos parâmetros

físico-químicos da água, maior facilidade para despesca e menor investimento inicial (60 a 70% menor quando comparado ao sistema semi-intensivo, em viveiros escavados). Como desvantagens dessa modalidade de criação, os mesmos autores destacam: necessidade de fluxo constante de água através das redes, dependência total do sistema de arrastoamento, risco de rompimento da tela com perda de produção, introdução de doenças e/ou peixes no ambiente de cultivo e, impacto ambiental pelo acúmulo de fezes e metabólitos.

Furlaneto et al. (2006) afirmaram que, utilizando-se critérios técnicos de criação de peixes em tanques-rede no Brasil, pode-se obter o incremento da produção aquícola, criando condições para atrair novos investidores e tornando a atividade excelente alternativa de geração de emprego e renda, além de diminuir a pressão sobre os estoques pesqueiros naturais. Os mesmo autores ainda estimaram que, para cada 100 tanques-rede, possam ser gerados três empregos diretos e nove indiretos.

Belveridge (1996) destacou, que altas densidades de estocagem podem ser utilizadas durante esse sistema de criação, podendo chegar a 500 peixes/m³ e produtividade de até 300 kg/m³. No entanto, Salaro (2009) relatou que a densidade de estocagem dependerá do tamanho do tanque-rede, da fase de crescimento e do peso desejado para a despesca final dos peixes.

Segundo Schmittou (1997), quanto menor a estrutura, maior o número de renovações completas de água que podem ser feitas por unidade de tempo. Isto é explicado pela relação entre a superfície lateral (ASL, em m²) e o volume (V, em m³) do tanque-rede. Quanto maior a relação ASL:V, maior é o potencial de troca de água, que pode ocorrer naturalmente ou ser induzida pela movimentação dos peixes.

Kubitza et al. (1999) destacaram que alguns fatores devem ser avaliados antes da implantação dos tanques-rede, principalmente em relação a qualidade de água. Entre esses fatores destaca-se: capacidade de assimilação de matéria orgânica pelo sistema e o estudo das comunidades fitoplanctônicas, zooplanctônicas e bentônicas do local, para que se possa determinar a capacidade de sustentação do sistema. Dessa forma, segundo os mesmo autores, é possível determinar a capacidade máxima produtiva sem que ocorram prejuízos nas condições ambientais, na produtividade e na viabilidade econômica do sistema implantado. Salaro & Lambertucci (2005a) destacaram ainda, que antes da implantação do projeto deve ser analisado o mercado consumidor e o valor

comercial da espécie a ser criada, pois determinarão o escoamento da produção e obtenção de lucros com a atividade.

Os peixes destinados às criações intensivas em tanques-rede, segundo Salaro & Lambertucci (2005b), devem apresentar características como aceitação ao adensamento, pronta ingestão de rações comerciais, altas taxas de crescimento, bom rendimento de carcaça, tolerância ao manuseio, alta resistência às doenças, além de apresentar características organolépticas favoráveis.

Ressalta-se que, para regulamentação de piscicultura em tanques-rede é necessário autorização do uso da água e licenciamento ao acesso territorial aos tanques. O licenciamento da piscicultura irá garantir a preservação da qualidade do meio ambiente e o desenvolvimento econômico sustentável (AYROZA et al., 2005).

Segundo Zaniboni Filho & Sampaio (2004), o Brasil apresenta grande potencial para criação de peixes em tanques-rede em função de seus quase seis milhões de hectares de águas represadas em grandes açudes naturais e artificiais, à exemplo dos reservatórios das usinas hidroelétricas. De acordo com Salaro (2009), o incentivo à implantação de pisciculturas em tanques-rede por instituições governamentais poderá contribuir para que o pescador torne-se um produtor, diminuindo a pesca predatória e contribuindo para preservação de espécies nativas. Assim, torna-se fundamental um plano de ordenamento do uso racional da água e das espécies. Dessa forma, segundo a mesma autora, a geração de tecnologia acessível, assim como a instalação de novas unidades de processamento são imprescindíveis para consolidação desta atividade no país.

A região na qual foi conduzida a pesquisa (Médio Paranapanema) foi apontada por Ayroza et al. (2005) como primeira em produtividade e segunda em produção de peixes do Estado de São Paulo. Segundo Furlaneto et al. (2008), a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a única espécie criada em tanques-rede na região, com produtividade oscilando entre 60 e 150 kg/m³/ciclo, sendo o destino da produção, de maneira geral, voltado 70,0% para indústrias de filetagem e 30,0% para pesqueiros, peixarias e feiras livres. Os últimos autores destacaram ainda, que nessa região, estava sendo explorada uma área de 2,5 ha de lâmina d'água com criação intensiva de peixes, havendo, aproximadamente, 629 tanques-rede.

3. Proteína

A proteína, na nutrição animal, representa o nutriente de grande importância, uma vez que é o principal constituinte do organismo animal em crescimento, além de outras funções, como produção de enzimas e hormônios (PEZZATO et al., 2004).

As proteínas, polímeros de α -aminoácidos, podem ser agrupadas em dinâmicas e estruturais. Segundo Devlin (2000), as funções dinâmicas incluem transporte (hemoglobina e transferrina); controle hormonal; contração (miosina e actina); catálise de transformações químicas (enzimas); aporte energético, quando os ingredientes ricos em energia possuem baixa concentração na dieta; papel protetor do organismo contra infecções bacterianas e virais (imunoglobulinas e interferon). Como funções estruturais podem ser destacadas o desenvolvimento da matriz óssea e do tecido conjuntivo (colágeno e elastina).

Os aminoácidos são constituintes básicos das proteínas. A estrutura do aminoácido é composta por um átomo central de carbono (alfa), ao qual um grupo carboxílico, um grupo amino e um átomo de hidrogênio estão covalentemente ligados. Além disso, o átomo de carbono alfa está ligado a um grupo químico específico, chamado R ou radical, que define exclusivamente cada um dos 20 aminoácidos comuns (NELSON & COX, 2000).

O perfil dos aminoácidos presentes nas proteínas é decisivo para sua qualidade. Cabe destacar que os peixes não necessitam de determinada quantidade de proteína, mas exigem, na verdade, suplemento equilibrado de aminoácidos indispensáveis (PEZZATO et al., 2004; LIM & WEBSTER, 2006). A proteína é digerida ou hidrolisada e libera aminoácidos livres, além de di e tripeptídeos que são absorvidos no trato gastrointestinal e distribuídos através da corrente sanguínea para os órgãos e tecidos. Alguns aminoácidos são usados por vários tecidos para sintetizar nova proteína. É necessário a ingestão regular de proteína ou aminoácido devido estes serem utilizados continuamente pelo peixe para crescimento e reprodução ou repor as proteínas para manutenção. O fornecimento insuficiente de proteína na dieta resulta na redução ou interrupção do crescimento e diminuição de peso devido à retirada de proteína de tecidos menos vitais (músculo) para manter as funções de tecidos mais vitais. Por outro lado, se a dieta for suplementada com níveis acima da exigência, somente parte desta será utilizada para

fazer novas proteínas, e o restante será convertido em energia ou simplesmente eliminado (HALVER, 1989).

Muitas variáveis podem influenciar a exigência protéica pelos peixes, tais como: espécie, tamanho do peixe, temperatura da água, quantidade de energia da dieta, qualidade da proteína, disponibilidade de alimento natural, sistemas de cultivo, entre outras. De maneira geral, o nível protéico ótimo indicado na literatura em dietas para peixes varia de 25 a 50% (NRC, 2011).

Robinson & Wilson (1985) e Brown & Robinson (1989) relataram ainda, que a determinação da exigência protéica para todas as fases do crescimento dos animais é complexa porque ocorre influência de outros fatores, tais como: as formas de arraçoamento, a participação de fontes energéticas não-protéicas, os suplementos vitamínicos e/ou minerais, a utilização de produtos funcionais, entre outros já citados. Portanto, segundo Furuya et al. (1996) e Gonçalves & Furuya (2004), é de fundamental importância determinar a exigência protéica dos peixes para cada fase de criação, fornecendo níveis adequados deste nutriente para reduzir os custos de produção e diminuir a excreção principalmente de nitrogênio ao ambiente aquático.

Segundo Meyer & Fracalossi (2004), a proteína é o macronutriente dietético que a exigência deve ser priorizada em estudos de nutrição, devido a representatividade em relação aos custos e, afetar diretamente o ganho de peso.

Como a proteína se constitui no item mais caro em dietas de peixes, é necessário incorporar somente a quantidade necessária para manutenção normal e crescimento, dessa forma, o uso de proteína como fonte energética é indesejável (WATANABE, 2002).

As primeiras tentativas de determinação das exigências em proteína e aminoácidos pelos peixes foram conduzidas por Halver e colaboradores no final da década de 50 e início de 60 com espécies de salmão (WILSON, 1989). As avaliações das exigências em proteína e aminoácidos eram então conduzidas na forma de experimentos de dose – resposta com dietas purificadas, que continham caseína, gelatina e aminoácidos sintéticos, baseadas na proporção de aminoácidos encontrada nos ovos de aves e salmões e saco vitelínico dos alevinos (HALVER, 1957; DELONG et al., 1958; CHANCE et al., 1964). Esses trabalhos iniciais foram importantes, pois foi possível se definir protocolos para determinação da exigência em proteínas e aminoácidos.

Segundo Cho (1990), as proteínas não são idênticas em seus valores nutricionais. O autor relata que o valor nutricional de uma fonte de proteína é função da digestibilidade e da composição em aminoácidos. Dessa forma, existem ingredientes protéicos que contêm altos níveis de proteína bruta, mas que contêm grande proporção de nitrogênio não-protéico. Neste caso, estes ingredientes não contribuem com aminoácidos de maneira suficiente para suprir as exigências nutricionais das espécies e conseqüentemente aumentam a produção de amônia e excreção de nitrogênio pelos peixes, com prejuízos à produtividade e à qualidade da água no ambiente de criação.

A partir dos trabalhos iniciais, outros novos estudos vêm sendo feitos envolvendo as proteínas.

Freato et al. (2012) avaliaram o desempenho produtivo em tanques-rede de três linhagens de juvenis de tilápia-do-Nilo submetidas à quatro diferentes planos nutricionais: 1) 32% de PB durante todo o período de cultivo; 2) 36% de PB (25 a 200g) e 28% de PB (200 a 700g); 3) 36% de PB (25 a 170g), 32% de PB (170 a 220g) e 28% de PB (220 a 700g) e; 4) 40% de PB (25 a 61g), 36% de PB (61 a 110g), 28% de PB (110 a 300g) e 22% de PB (300 a 700g de peso vivo). Os autores concluíram que, de maneira geral, o plano nutricional 3 apresentou os melhores resultados para todas as variáveis de desempenho produtiva analisadas, independente da linhagem estudada.

Gonçalves et al. (2009) testaram, para tilápia-do-Nilo ($202,0 \pm 20,3$ g) criadas em tanques-rede, quatro rações com diferentes níveis de proteína digestível (18, 22, 26 e 30%) formuladas com base no conceito de proteína ideal. Os autores verificaram, após 200 dias de arraçoamento, que não houve diferenças entre as dietas avaliadas, para as variáveis peso final, ganho de peso médio diário, conversão alimentar aparente, sobrevivência, rendimento de filé, índice hepatossomático e índice de gordura visceral.

Botaro et al. (2007) avaliaram quatro dietas formuladas com o conceito de proteína ideal, contendo 27,0%, 25,2%, 24,3% e 22,7% de proteína digestível, para juvenis de tilápia-do-Nilo ($34,63 \pm 1,19$ g) criadas em tanques-rede por 60 dias. Os autores concluíram, considerando o desempenho produtivo dos peixes e a análise econômica do sistema de produção, que é possível reduzir o teor de proteína digestível de 27,0 (29,1% de proteína bruta) para 24,3% (26,6% proteína bruta) por meio da suplementação de aminoácidos.

Scorvo Filho et al. (2008) avaliaram o ganho de peso diário, peso médio final, sobrevivência e conversão alimentar aparente de tilápia-do-Nilo (40 g) criadas em tanques-rede (2 m³) por 227 dias consumindo rações com 28, 32 e 36% de proteína bruta e concluíram que a concentração de 28% pode ser utilizada sem prejuízo ao desempenho dos peixes.

Trabalhando com alevinos de tilápia-do-Nilo, Pezzato et al. (1986) e Silva et al. (1989), encontraram exigência de 28,0 e 34,0% de PB, respectivamente. Já Furuya et al. (2000) e El-Sayed & Gaber (2005) encontraram exigência para alevinos e juvenis dessa mesma espécie de 32,0 e 25,0% de PB, respectivamente.

Objetivando determinar o melhor nível de proteína digestível para larvas de tilápia-do-Nilo durante a inversão sexual, Hayashi et al. (2002) formularam dietas isoenergéticas, isocálcicas e isofosfóricas, contendo 30, 34, 38, 42 ou 46% de proteína digestível e forneceram aos animais durante os 30 primeiros dias de vida. Os autores concluíram que a exigência de PD para a tilápia-do-Nilo determinada para a fase de reversão sexual foi de 38,6%.

Furuya et al. (1996), avaliaram níveis de proteína bruta para alevinos de tilápia-do-Nilo, com pesos inicial e final médios de 0,44 a 38,50 g, respectivamente, e observaram efeito quadrático sobre o ganho de peso, com ponto de máximo em 32,71% de proteína bruta.

Furuya et al. (2005) realizaram pesquisa com juvenis de tilápia-do-Nilo (5,0 a 125,0 g) com a finalidade de avaliar o melhor nível de proteína digestível para a espécie. As dietas, formuladas a partir do conceito de proteína ideal, continham 25,5; 27,0; 28,5 ou 30,0% de proteína digestível, sendo suplementadas com lisina, metionina e treonina. Os autores concluíram, após 83 dias de experimento, que é possível reduzir o nível protéico de 30 para 27,5%, sem efeitos negativos sobre o crescimento, rendimento de carcaça e composição química dos filés.

Objetivando diminuir o nível protéico de dietas de alevinos de tilápia-do-Nilo, Bomfim et al. (2008) formularam seis dietas, pelo conceito de proteína ideal, e arraçoaram os peixes (0,8 g) por 40 dias. As dietas utilizadas no experimento foram isoenergéticas e isolisínicas, diferindo quanto aos níveis de proteína bruta (27,0; 28,0; 29,0; 30,0; 31,0 ou 32,0%). Os autores concluíram, que o nível de proteína bruta da

ração pode ser diminuído de 32 para 28%, desde que as rações sejam suplementadas com aminoácidos essenciais limitantes.

Coldebella et al. (2011) avaliaram, para fêmeas reprodutoras de jundiá (*Rhamdia quelen*), qual seria o melhor nível protéico (28,0; 34,0 ou 40,0%) para os índices produtivos e reprodutivos. Após análises aos 45 e 90 dias de experimento, os autores concluíram que níveis protéicos em rações de jundiá não afetaram os parâmetros avaliados (peso final, comprimento final, índices hepatossomáticos e gonadossomáticos, gordura visceral, características de ovos e larvas, etc.), sendo ideal para reprodutoras dessa espécie o nível de 28,0% de proteína bruta.

Com o objetivo de determinar o melhor nível de proteína bruta (35,2; 41,0; 47,1; 53,8 ou 58,7%) para shi drum (*Umbrina cirrosa L.*), Akpinar et al. (2011) formularam cinco dietas isoenergéticas (5015 kcal energia bruta/kg) e forneceram aos animais, com peso médio inicial de 86,3 g por dez semanas. Os valores de peso final, ganho de peso e coeficiente de crescimento diário aumentaram com aumento da proteína; a composição corporal não foi influenciada pelos níveis protéicos. O melhor nível protéico determinado nesse estudo foi de 51,4% de proteína bruta.

Abimorad & Carneiro (2007) avaliaram 20 dietas para juvenis (11,5 g) de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) por 12 semanas. As dietas diferiam quanto à proteína (22,0 ou 25,0%), lipídeo (4,0 ou 8,0%) e carboidrato (41,0; 46,0 ou 50,0%), mantendo-se isoenergéticas (3105 kcal/kg). Os autores concluíram que o pacu utiliza lipídeos de maneira tão eficiente quanto carboidratos, poupando proteína para o crescimento, desde que o nível de proteína bruta não seja inferior a 25%.

Com o objetivo de determinar o melhor nível de proteína bruta (25,0 ou 30,0%) e a adequada taxa de alimentação a ser fornecida (1,0; 2,0 ou 3,0% da biomassa) diariamente, El Saidy & Gaber (2005) formularam dietas isocalóricas (4060 kcal de energia bruta/kg dieta) e forneceram para juvenis de tilápia-do-Nilo (61,9 g) por 28 semanas. Os autores concluíram que o nível de 25,0% de proteína bruta e a taxa de arraçoamento de 2,0% é recomendada para adultos dessa espécie.

Monentcham et al. (2010) conduziram pesquisa com a finalidade de determinar o melhor nível protéico (25,0; 30,0; 35,0 ou 40,0%) para *Heterotis niloticus* pesando entre 3,0 e 62,0g. Os autores verificaram que não houve diferenças na umidade, proteína, lipídeos e cinzas da carcaça dos animais ao término da pesquisa. Através de

Broken line model os autores concluíram que a exigência protéica dessa espécie é de 31,0% de proteína/kg dieta.

4. Energia

O sucesso no cultivo de peixes depende do fornecimento de adequados níveis de energia e apropriado balanços de nutrientes, para permitir maior eficiência de crescimento e manter a saúde do animal em diversas circunstâncias (CHO & BUREAU, 1995).

A energia é liberada durante a oxidação de carboidratos, lipídios e proteínas. Embora exista controvérsia, a energia não deve ser considerada um nutriente (DE SILVA & ANDERSON, 1995). Os mesmos autores destacaram que a energia é utilizada no organismo animal de várias maneiras, tais como: manutenção das atividades metabólicas, crescimento, elaboração de produtos reprodutivos, entre outras.

Existem várias vias de perda de energia entre a ingestão e a recuperação nos produtos animais. A partir da energia ingerida, ocorrem perdas pelas fezes, brânquias, urina e calor. Segundo Lovell (1998), a energia digestível representa a energia resultante da correção da perda através das fezes. A energia metabolizável representa a energia digestível corrigida pelas perdas através das brânquias e urina, enquanto a energia líquida representa a energia metabolizável subtraída a energia perdida no incremento calórico (custo energético da digestão, metabolismo e excreção) e pela manutenção (metabolismo basal).

Por não necessitarem manter constante a temperatura corporal, os peixes exigem menos energia dietética quando comparados aos vertebrados endotérmicos (aves e mamíferos). Além disso, os peixes gastam relativamente menos energia para se manterem em movimento na água, quando comparados com mamíferos e aves na terra; excretam metabólitos nitrogenados na forma de amônia (85%) em lugar de uréia e ácido úrico, despendendo menos energia no catabolismo protéico e excreção do nitrogênio não aproveitado (PEZZATO et al., 2004).

Webster & Lim (2002) relataram que muitos fatores afetam a exigência energética pelos peixes, entre os quais se pode destacar: atividade física (natação), a temperatura da água, o tamanho do peixe, a taxa de crescimento, a espécie e o consumo

alimentar. Segundo os mesmos autores, a temperatura da água influencia diretamente a temperatura corpórea e conseqüentemente a taxa de metabolismo. Peixes menores exigem mais energia por unidade de peso em relação aos peixes maiores. Peixes com rápido crescimento exigem mais energia que peixes com crescimento mais lento.

Segundo Camilo (2007), a energia necessária para manutenção do metabolismo dos peixes provém de duas fontes: absorção dos nutrientes da dieta ou consumo de suas reservas. Segundo Wieser et al. (1992) e Van Dijk et al. (2005), os peixes passam por períodos de escassez de alimentos que podem durar muitos dias, dessa forma, os peixes em jejum podem poupar energia reduzindo a atividade locomotora ou outras atividades. Van Den Thillart & Van Raaij (1995) sugerem que o uso das reservas corporais em peixes inicia-se após 48 horas da última refeição.

Os carboidratos e lipídeos são constantemente utilizados em dietas de peixes como fontes de energia não protéica. Segundo Mohanta et al. (2009), comparados com lipídeos, os carboidratos são mais baratos, são fontes rápidas de energia e estão disponíveis abundantemente. Ainda, segundo os autores, os carboidratos melhoram a qualidade do pélete devido as suas propriedades de ligações. Com isso, Krogdahl et al. (2005) sugeriram que carboidratos podem ser adicionados às dietas e são eficientemente utilizados como energia pelos peixes onívoros. Erfanullah & Jafri (1998) e Mohanta et al. (2009) destacaram ainda, que altos níveis de lipídeos como fonte de energia podem trazer problemas durante a peletização e também, afetar a qualidade corpórea do animal.

Segundo Tran-Duy et al. (2008), uma das conseqüências do aumento do conteúdo de carboidratos de uma dieta, é o conseqüente aumento do volume da ração, repercutindo em diminuição da concentração energética. Assumindo que os peixes se alimentam para satisfazer a exigência energética (ROZIN & MAYER, 1961), segundo ainda Tran-Duy et al. (2008), eles compensariam a baixa concentração de energia, aliado ao alto volume, ingerindo mais alimento, este fato poderia levar a uma situação na qual o volume do estômago restringiria a ingestão antes da exigência energética ser atingida.

Segundo Rawles & Gatlim III (1998), a habilidade em utilizar carboidratos dietéticos difere entre os peixes, e é também influenciada pela fonte e complexidade dos carboidratos. De acordo com Wilson (1994), de maneira geral, espécies tropicais de

água doce, onívoras e herbívoras, utilizam carboidratos mais eficientemente que espécies de água fria, carnívoros e peixes marinhos.

Em relação aos lipídeos como fonte energética, Meurer et al. (2002) relataram que a gordura pode ser considerada a principal forma de armazenamento de energia corporal. Segundo Van Den Thillart & Van Raaij (1995), os triglicerídeos, que são compostos formados pela esterificação de três ácidos graxos a uma molécula de glicerol são os principais tipos de lipídeos que compõem as reservas de gordura. De acordo com Nelson & Cox (2000), os átomos de carbono dos ácidos graxo são quimicamente mais reduzidos quando comparados aos dos carboidratos e, dessa forma, a oxidação de um grama de triglicerídios libera, em média, duas vezes mais energia em relação a oxidação de um grama de carboidrato.

Van Den Thillart & Van Raaij (1995), descreveram ainda, que os lipídeos dietéticos podem ser armazenados no fígado, e que estes podem ser mobilizados rapidamente para lipoproteínas e ácidos graxos livres, podendo ser utilizados por outros tecidos. Os mesmos autores também destacaram que os lipídeos, em peixes, podem ser estocados no mesentério adiposo e músculo.

Boscolo et al. (2005) avaliaram o desempenho produtivo de larvas de tilápia-do-Nilo (21 ± 4 mg), arraçadas por 30 dias, com cinco dietas que diferiam quanto aos níveis de energia digestível (3.300, 3.525, 3.750, 3.975 ou 4.200 kcal/kg). Os autores concluíram que o aumento nos níveis de energia digestível durante a fase de reversão sexual proporcionou redução no desempenho.

Boscolo et al. (2006) trabalhando com alevinos de tilápia-do-Nilo ($0,62 \pm 0,12$ g) avaliaram o desempenho proporcionado por seis dietas isocalcíticas, isofosfóricas e isoprotéicas (30% proteína digestível), formuladas para conter 2.900, 3.025, 3.150, 3.275 e 3.400 kcal de energia digestível/kg. Os autores não encontraram diferenças para os parâmetros de desempenho avaliados.

Navarro et al. (2007) objetivaram determinar as exigências de energia para pós-larvas ($0,56 \pm 0,02$ g) de piauçu (*Leporinus macrocephalus*). Os autores avaliaram o desempenho produtivo proporcionado por cinco dietas isoprotéicas (28% proteína bruta) contendo 2.600, 2.700, 2.800, 2.900 ou 3.000 kcal de energia digestível/kg e concluíram que o nível de 2.700 kcal/kg resultou em melhor desempenho.

McGoogan & Gatlin III avaliaram cinco dietas isoprotéicas (45,0% de proteína bruta), diferindo quanto à quantidade energética (3610; 3800; 3990; 4200 ou 4390 kcal de energia digestível/kg ração) para juvenis de red drum (*Sciaenops ocellatus*), pesando inicialmente 35 g. Após seis semanas de arrazoamento, os autores concluíram: os níveis energéticos não proporcionaram diferenças no ganho de peso e eficiência alimentar; o índice de gordura visceral aumentou com o aumento da energia da dieta.

Mohanta et al. (2009) objetivaram avaliar o melhor nível energético (2507; 2985; 3487; 3988 ou 4490) kcal de energia bruta/kg ração) para alevinos de silver barb *Puntius gonionotus* de 1,79 g. Foram utilizadas dietas semi-purificadas isoprotéicas (30,0% de proteína bruta) e isolipídicas (8,0%). Após 90 dias de experimento, os autores concluíram, a partir do desempenho produtivo, digestibilidade e composição corporal, que o melhor nível foi de 3.487 kcal de energia bruta/kg ração).

Borba et al. (2006) conduziram experimento com juvenis de piracanjuba (*Brycon Orbignyanus*) com a finalidade de avaliar o melhor nível de energia metabolizável (2610; 2940; 3260; 3540 ou 3860 kcal/kg) e duas relações carboidratos:lipídeos (5,3 ou 12,8 g:g) após 90 dias de arrazoamento. Os autores sugeriram que a energia dietética proveniente de lipídeos foi melhor utilizada em relação a energia oriunda dos carboidratos. Os autores indicaram a utilização da relação 5,3 (carboidrato:lipídeo) e 3260 kcal de energia metabolizável/kg de ração para juvenis dessa espécie.

5. Relação Energia:Proteína (E/P)

A concentração ótima de proteína em dietas para peixes está marcada pelo balanço entre a energia e a proteína, sendo que, o excesso de energia pode levar à inibição da ingestão de alimento, sem que haja consumo da quantidade necessária da fração protéica (CHO, 1990).

A ingestão de alimentos é, fundamentalmente, influenciada pela quantidade de energia na dieta. Uma dieta deficiente em energia resulta na redução da taxa de crescimento e de deposição protéica, uma vez que parte da proteína é utilizada como fonte energética (NRC, 1993). Por outro lado, com alta relação energia/proteína haverá menor ingestão de proteína e de outros nutrientes essenciais, além de excessiva

deposição de gordura visceral, reduzindo o rendimento de carcaça e o prazo de validade do produto final (SÁ & FRACALOSSI, 2002).

Resultados de diversos estudos conduzidos em laboratório com espécies de peixes carnívoros, como salmonídeos e percídeos, indicam que o ótimo crescimento é alcançado quando aproximadamente metade da energia da dieta é suprida pela proteína, sendo geralmente considerado que a proteína deve proporcionar de 40 a 50% da energia dietética para estas espécies (JOBLING, 1994). Entretanto, Kubitzka (1997) enfatizou que nem sempre a ração com alto teor de proteína promove o melhor desempenho produtivo dos peixes.

Wilson & Halver (1986) destacaram que a incorporação de fontes não protéicas para o suprimento de energia da dieta proporciona em eficiência de utilização da proteína e, conseqüentemente, melhor crescimento dos peixes. Nesse sentido Meyer & Fracalossi (2000) relataram que, estudos que variaram as concentrações de energia e proteína demonstraram que os peixes tem capacidade de poupar proteína quando outras fontes de energia, tais como carboidratos e lipídeos, são adicionadas às dietas.

Segundo Lovell (1998), as rações comerciais utilizadas em piscicultura têm pouca influência no sabor do pescado, mas podem ocasionar depósitos de gordura indesejáveis no filé. O autor relata que consumidores relacionam a carne de pescado como produto de carne magra, com textura firme e macia, além de não gorduroso. Os peixes em ambiente natural são mais magros que aqueles criados em sistema intensivo, devido às rações utilizadas em criações comerciais terem relação energia/proteína mais altas que no alimento natural (8 a 10 kcal de ED/g de proteína na dieta) contra 5 a 6 kcal de ED/g de proteína na fauna aquática, composta por insetos, larvas, crustáceos, entre outros.

Contan et al. (2006) avaliaram dez dietas para o lambari tambuí (*Astyanax bimaculatus*), composta pelo fatorial de cinco níveis de energia digestível (2.900, 3.000, 3.100, 3.200 e 3.300 kcal/kg) e dois níveis de proteína bruta (32,0 e 38,0%). Avaliando o desempenho produtivo, os autores concluíram que se deve utilizar para animais de 1,30 g dessa espécie, rações contendo 2.900 kcal/kg, com 32,0 ou 38,0% de proteína bruta.

Com o objetivo de avaliar a exigência protéica e conseqüente relação energia metabolizável (EM)/proteína bruta (PB) para alevinos de piracanjuba (*Brycon*

Orbignyanus) com peso inicial de 8,38g, Sá & Fracalossi (2002) analisaram por 90 dias seis dietas semi-purificadas contendo 24,0; 26,0; 29,0; 32,0; 36,0 e 42,0% de PB e 3.000 kcal EM/kg de dieta. Os autores concluíram que maior ganho de peso foi proporcionado pela dieta contendo 29,0% de PB (relação 10,4 kcal EM/g PB). Os autores relataram ainda que a deposição corporal de proteína e gordura não sofreu influência da concentração de PB da dieta.

Reidel et al. (2010) determinaram o rendimento corporal e a composição química dos filés de jundiás (*Rhandia quelen*) criados em tanques-rede de 5 m³ por 324 dias, sendo alimentados com seis dietas (25,0; 30,0 e 35,0% de proteína bruta e 3.250 e 3.500 kcal energia digestível/kg de ração) e concluíram que 30,0% de proteína bruta resultou em maior rendimento de tronco e, que a composição do músculo não foi influenciada pelas dietas testadas. Os melhores resultados foram proporcionados pelas dietas contendo 30,0% PB e 3.250 kcal ED/kg de ração.

Com o objetivo de encontrar o melhor nível de proteína bruta (18,0; 22,0; 26,0 ou 30,0%) e energia digestível (2.700 ou 3.000 kcal/kg) para curimatá (*Prochilodus affinis*), Bomfim et al. (2005) alimentaram os peixes *ad libitum* (peso inicial 2,72 g) por 78 dias e concluíram, pelas respostas de ganho de peso e composição da carcaça, que os melhores níveis de PB e ED foram, respectivamente, 26,05% e 2.700 kcal/kg, apresentando relação de 10,36 kcal ED/g PB.

Gonçalves et al. (2009) arraçaram por 60 dias alevinos (30,0g) de tilápia-do-Nilo, linhagem tailandesa, e avaliaram o desempenho produtivo, composição bromatológica dos filés, hematologia e análise econômica. Foram formuladas doze dietas, pelo conceito de proteína ideal, compostas pelo fatorial de três níveis de energia digestível (3.000, 3.300 ou 3.600 kcal/kg) e quatro níveis de proteína digestível (22,0; 26,0; 30,0 ou 34,0%). Os autores concluíram que 22,0% de proteína digestível e 3.000 kcal/kg de energia digestível podem ser utilizados em dietas para tilápias-do-Nilo, desde que respeitada a exigência dos demais nutrientes.

El-Sayed & Teshima (1992) avaliaram níveis de energia (3.000, 4.000 ou 5.000 kcal/kg de ração) e de proteína bruta (30, 35, 40, 45 ou 50%) em dietas de larvas de Tilápia-do-Nilo e indicaram que a exigência de PB foi de 45% e de energia bruta 4.000 kcal/kg ração.

Objetivando avaliar a melhor relação energia/proteína para o carnívoro tucunaré (*Cichla SP*) com 10 g de peso vivo, Sampaio et al. (2000) formularam quatro dietas, compostas por 41,0; 37,0; 33,0 ou 30,0% de proteína bruta e contendo 3.500 kcal energia digestível/kg ração. Após 65 dias de arraçoamento, os autores inferiram que a melhor relação esteve entre 8 e 9 kcal de energia digestível/g proteína bruta, ou seja, dietas com 37,0 a 41,0% de proteína bruta com 3.500 kcal de energia digestível/kg ração.

Deng et al. (2011) fizeram estudo com juvenis (3,4 g) de Pacific threadfin (*Polydactylus sexfilis*) para avaliar o melhor nível de proteína bruta (25,0; 30,0; 35,0; 40,0 ou 45,0%) e de lipídeos (10,0 ou 14,0%). Uma dieta comercial (50,0% de proteína bruta e 14,0% lipídeos) também foi avaliada e após oito semanas de experimento os autores concluíram que o nível de lipídeo não influenciou o crescimento ou composição corporal. O modelo polinomial demonstrou que 41,0% de proteína proporcionou melhor crescimento e a dieta contendo 35,0% de proteína bruta proporcionou crescimento similar e melhor utilização da proteína em relação ao proporcionado pela dieta comercial ou a dieta contendo 40,0%.

Rueda-López et al. (2011) fizeram pesquisa com o totoaba (*Totoaba macdonaldi*), peixe endêmico do Golfo da Califórnia, que pode atingir 135 kg. Os autores avaliaram seis dietas, compostas pelo fatorial de três níveis de proteína bruta (43,0; 48,0 ou 52,0%) e dois níveis de lipídeos (8,5 e 18,0%). Os peixes (12,12 g) foram alimentados por dez semanas. Os autores concluíram que os peixes alimentados com dietas contendo alta proteína e baixo lipídeo (107 mg proteína/kcal de dieta) tiveram maior ganho de peso (489,0%) em relação aos demais tratamentos; o nível protéico afetou o ganho de peso e, dentro de um nível protéico, o maior nível de lipídeo resultou em redução do crescimento; as dietas com alto lipídeo e baixa e média proteína reduziram o crescimento devido a redução da ingestão alimentar.

Analisando a melhor relação proteína/energia para o abalone (*Haliotis fulgens*), Gómez-Montes et al. (2003) formularam cinco dietas contendo 25,79; 30,88; 34,92; 40,45 ou 44,09 % de proteína bruta e 4.150 kcal de energia/kg de ração e forneceram aos animais (0,2 g) por 60 dias. Os autores concluíram que as dietas contendo 40,45 e 44,09% de proteína bruta proporcionaram maior ganho de peso; a taxa de eficiência protéica aumentou linearmente com o aumento da proteína, exceto para o maior nível

protéico (44,09%) e que o abalone consome alimento para satisfazer as exigências energéticas.

Ai et al. (2004) formularam nove dietas, compostas pelo fatorial de níveis de proteína bruta (36,0; 41,0 ou 46,0%) e de lipídeos (8,0; 12,0 ou 16,0%) e forneceram, em tanques-rede, para o japonês seabass (*Lateolabrax japonicus*), com 6,26 g de peso inicial, por oito semanas. Os autores relataram que a dieta contendo 41,0% de proteína e 12,0% de lipídeos promoveu maiores taxas de eficiência protéica, valor produtivo da proteína e retenção de energia e, valores semelhantes de taxas de crescimento específico, das dietas contendo 46,0% de proteína com 12,0 ou 16,0% de lipídeos. Os autores concluíram que 41,0% de proteína bruta e 12,0% de lipídeos (relação 107,92 mg proteína/kcal energia) é a ideal para o japonês seabass.

Meyer & Fracalossi (2004) objetivaram determinar o melhor nível de proteína bruta (26,0; 29,0; 33,0; 37,0 ou 43,0%) e de energia metabolizável (3.220 ou 3.650 kcal/kg dieta) para alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). Os animais (1,52 g) foram arraçoados por 90 dias, sendo utilizadas dietas semi-purificadas. Os autores relataram que a gordura corporal dos animais diminuiu com o aumento do conteúdo protéico, para ambas concentrações energéticas e que, o oposto, ocorreu para as variáveis proteína corporal, retenção de energia e proteína. Aplicando-se *broken-line* para o ganho de peso, os autores concluíram que a exigência protéica para alevinos de jundiá é de 37,3% para 3.200 kcal de EM/kg ou 32,6% para 3.650 kcal EM/kg.

Glencross et al. (2011), utilizando modelos fatoriais, determinaram o melhor nível de proteína e energia digestível para Tra Catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). Após diversos ensaios em laboratório e fazendas de criação, envolvendo desempenho, digestibilidade e composição corporal de animais de 10,0 a 1000 g, os autores concluíram, que à 32,0°C, as equações que descrevem a exigência de energia e proteína digestível para a manutenção dessa espécie, são, respectivamente: $9,48 \text{ kcal kg}^{-0.844} \text{ dia}^{-1}$ e $0,467 \text{ g kg}^{-0.833} \text{ dia}^{-1}$.

Avaliando o melhor nível de proteína (33,0 ou 43,0%) e de lipídeos (4,0; 8,0 ou 12,0%) para bagre africano (*Clarias gariepinus*) com 10,9 g de peso, Ali & Jauncey (2005) arraçoaram os animais por oito semanas e encontraram: aumento no ganho de peso e piora na conversão alimentar proporcionados pelas dietas com proteína mais alta; maior deposição de lipídeo na carcaça e fígado, com o aumento do nível lipídico dentro

de cada nível protéico, sendo mais altos para dietas com baixa proteína. Os autores concluíram que *Clarias gariepinus* tem melhor desempenho com dietas contendo 43,0% e 5060 kcal/kg de dieta, respectivamente para proteína e energia bruta.

Bicudo et al. (2010) avaliaram níveis de proteína bruta (22,0; 26,0; 30,0; 34,0 ou 38,0%) e de energia digestível (2603; 2794; 3009; 3200 ou 3391 kcal/kg de dieta) para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), pesando inicialmente 15,5 g, por dez semanas e relataram que o aumento do nível de energia não resultou em efeito economizador de proteína. O estudo demonstrou que a exigência protéica mínima para esta espécie é de 27,0%, com uma relação proteína bruta/energia digestível de 22,2 g/238 kcal.

Encontra-se hoje na literatura científica, resultados variados sobre a adequada relação energia/proteína para dietas de peixes, dificultando o estabelecimento de determinados valores. Soma-se a este fato o fator ambiental, uma vez que o excesso de proteína e de outros nutrientes utilizados nas rações vem sendo eliminados no ambiente, prejudicando consideravelmente a qualidade da água. Dessa maneira, torna-se necessária a conscientização de fabricantes de rações e produtores, dos custos fisiológicos e ambientais para utilização de valores acima do exigido pelo peixe.

6. Análise econômica

Na tilapicultura, os aspectos econômicos são importantes no planejamento, no controle e na tomada de decisões (AYROZA, 2009). Campos et al. (2007) relataram que variações da produção, preços e custos podem ocorrer e influenciar qualquer atividade econômica, dessa forma, os produtores devem estar preparados para tais oscilações e ter noção de quais itens constituem maiores riscos para sua atividade.

Estudando economia de escala em piscicultura em tanques-rede no Estado de São Paulo, Vera-Calderón & Ferreira (2004) constataram que uma das formas de se determinar a viabilidade econômica de um sistema de produção no curto prazo, é a partir do estudo do desempenho de produção e dos insumos utilizados, ou seja, por meio das análises de custos e receitas geradas no sistema produtivo. Os mesmos autores constataram ainda que, na composição do custo de produção, o item de maior participação foi a ração, variando de 43,33 a 62,74%.

Carneiro et al. (1999) trabalhando com tilápia vermelha, em dez tanques-rede, verificaram que a participação do custo com ração foi de 63,47%, obtendo produtividade de 99,1 kg/m³. Valores semelhantes também foram encontrados por Skajko & Firetti (2000) para o percentual de participação do custo com a ração. Estes autores encontraram o valor de 55,34% após conduzirem experimento com 64 tanques-rede de 5,2 m³ e 150 kg/m³ de produtividade.

Shirota & Sonoda (2004) relataram que diversos fatores podem afetar a rentabilidade da produção de peixes em confinamento, entre eles pode-se destacar: preço de venda, preço da ração, tamanho médio do peixe e liquidez de mercado.

Furlaneto et al. (2010) conduziram pesquisa no Médio Paranapanema, ciclo de verão, objetivando avaliar economicamente a criação de tilápias em tanques-rede de 6,0 e 18,0 m³, e diferentes canais de comercialização. Os autores concluíram que o custo operacional total da produção da tilápia criada em tanques-rede de 6 m³ foi superior ao do pescado produzido em tanques-rede de 18 m³, no entanto, o custo operacional por unidade de peso foi inferior nos tanques-rede de 6 m³; a rentabilidade da criação em ambos volumes de tanques-rede foi positiva nas condições de produtividade e de preços analisados, com 70% da produção sendo comercializada para a indústria de filetagem e 30% para pesqueiros, feiras livres e peixarias; a comercialização para pesqueiros, varejo e consumidor final possibilitou maior lucratividade ao empreendedor.

Campos et al. (2007) analisaram economicamente a criação de tilápias em 200 tanques-rede (18m³), no município de Zacarias, estado de São Paulo. O ciclo de produção teve duração de sete meses e encerrou quando os animais atingiram peso médio de 0,8 kg. Os resultados econômicos mostraram-se favoráveis à atividade, sendo que os itens que mais influíram no custo total de produção foram ração, mão-de-obra e compra de alevinos, representando 50,44, 14,96 e 13,54% respectivamente. Através de análises de sensibilidade, o sistema estudado mostrou-se bastante sensível à redução do preço de venda da tilápia (simulação de 20,0% nos preços de venda) e, principalmente, ao aumento da taxa de mortalidade (simulação de 40,0%).

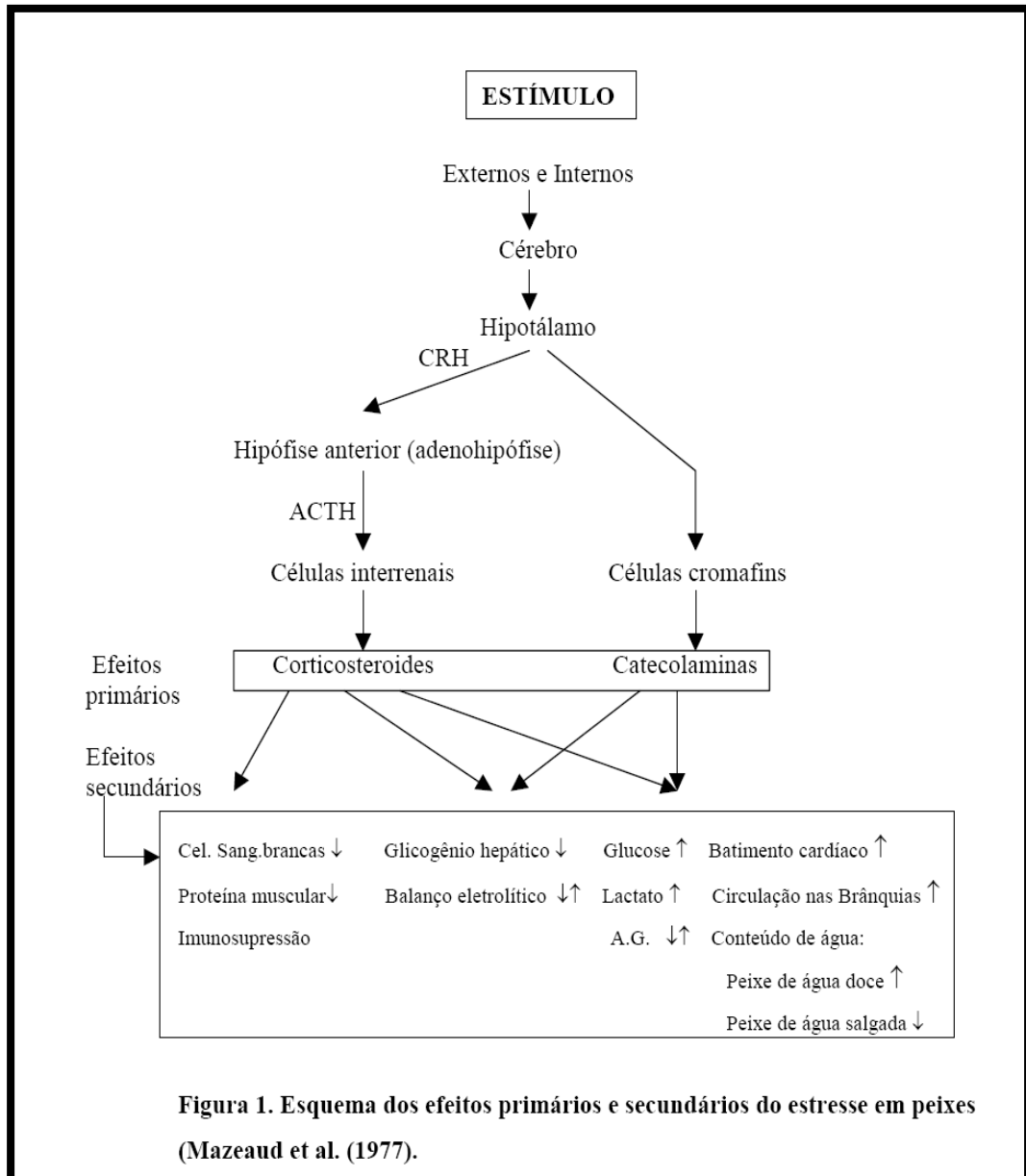
7. Estresse animal

O estresse pode ser definido como a condição em que o equilíbrio dinâmico do organismo (homeostase) é ameaçado ou perturbado, em decorrência da ação de estímulos intrínsecos, denominados estressores. A ação dos estressores provoca respostas comportamentais e fisiológicas, como ação compensatória e/ou adaptativa, habilitando o animal para superar as ameaças (WENDEELAR-BONGA, 1997).

Os peixes por serem animais pecilotérmicos e estarem em contato com o ambiente aquático, enfrentam constantes desafios, como aspectos físico-químicos da água até conflitos de dominância entre os animais do cardume ou da população (WEDEMEYER, 1996). Na aquicultura os desafios naturais são ainda maiores, devido às práticas de manejo, transporte, tratamentos e altas densidades de estocagem.

A resposta ao estresse pode ser vista como a capacidade dos peixes mobilizarem as reservas de energia de forma a evitar ou vencer situações de ameaça. Em piscicultura intensiva, a situação de estresse está constantemente presente, e pode afetar o desempenho produtivo dos peixes, prejudicando o estado de saúde e aumentando a suscetibilidade a doenças (CARMICHAEL, 1984).

O estresse fisiológico desencadeia a Síndrome de Adaptação Geral (SAG), caracterizada por três respostas: primária, secundária e terciária (MOYLE & CECH, 1998). A resposta primária ou neuroendócrina, é caracterizada por significativo aumento dos hormônios corticosteróides (cortisol - que estimulam o aumento da permeabilidade da membrana celular) e da concentração de catecolaminas (adrenalina e noradrenalina); enquanto a resposta secundária é usualmente definida como a canalização das ações e dos efeitos imediatos desses hormônios em nível sangüíneo e de tecidos, estimulando a hidrólise das reservas de glicogênio no fígado, aumentando os níveis de glicose no sangue, diminuição da proteína muscular, aumento do batimento cardíaco, distúrbios osmorregulatórios e alterações no perfil hematológico (Figura 1). A resposta terciária é marcada pela diminuição da resistência dos peixes às doenças, pois ocorre diminuição no número de leucócitos, linfocitopenia, e aumento do número de neutrófilos circulantes, neutrofilia (MAZEUAUD et al., 1977).



O hormônio do crescimento (GH) aumenta o apetite e a eficiência na conversão do alimento, porém, a secreção deste hormônio pela glândula pituitária é inibida em peixes sob condições de estresse (HEW, 1989). Trabalhos demonstraram que o nível de corticosteróides em resposta ao estresse pode variar entre peixes, mesmo dentro da mesma espécie. Assim, pode haver peixes que respondam com nível consideravelmente alto de cortisol, e peixes que respondam mais discretamente, ambos apresentando desempenho similar e sendo da mesma população (WEIL et al., 2001).

O estresse inibe o crescimento, diminuindo os níveis plasmáticos dos hormônios T_3 e T_4 , em função da alteração do estado nutricional causada pela redução na quantidade de alimento ingerida, sendo também observada influência do cortisol neste processo (CARNEIRO & URBINATI, 1999).

O cortisol plasmático é o indicador de estresse mais utilizado em peixes, qualquer que seja o seu estágio de desenvolvimento (WEENDELAR-BONGA, 1997). Concentrações de cortisol plasmático em diferentes espécies de peixes normalmente se elevam alguns minutos após a exposição ao agente estressor agudo, atingem o pico e retornam a valores basais dentro de, aproximadamente, seis horas (PICKERING & POTTINGER, 1989). Tipos diversos de estressores, tais como exposição brusca a metais pesados, rápidas mudanças de temperatura, manejo e confronto com predadores, podem ser classificados como estressores agudos, os quais induzem a curva de cortisol plasmático similar (BROWN, 1993). Quando o estressor é crônico, concentrações de cortisol podem permanecer elevadas, embora bem abaixo dos níveis de pico (WENDEELAR-BONGA, 1997).

8. Hematologia de peixes

A determinação das exigências nutricionais nas diferentes espécies é, de maneira geral, feita com base na avaliação do desempenho produtivo proporcionado pelas dietas. No entanto, parâmetros hematológicos podem ser importantes indicadores do impacto das dietas na saúde dos peixes (HOUSTON, 1997). Esses fatores podem ser importantes ferramentas no conhecimento da dinâmica de utilização dos nutrientes.

Segundo Modrá et al. (1998), a análise dos padrões sanguíneos fornece subsídios importantes para o auxílio diagnóstico e prognóstico de condições mórbidas em populações de peixes. No entanto, apesar da grande importância da hematologia ainda são escassas informações sobre os teleósteos (TAVARES-DIAS & MORAES, 2004).

Barros et al. (2009) afirmam que, além de nutrir o animal para máximo desempenho, é preciso nutrir seu sistema de defesa. Segundo Araújo et al. (2011), o conhecimento dos valores médios dos parâmetros hematológicos em ambiente natural e em cativeiro, nos mais diversos sistemas de criação comercial, sob condições de homeostase e de estresse, é importante para identificar as alterações fisiológicas

derivadas da nutrição e fatores ambientais, como a temperatura, que possam interferir na hematopoiese.

Para o melhor entendimento de hematologia e maior agilidade na leitura deste capítulo, bem como do subsequente, um breve glossário será inserido, segundo Tavares-Dias & Moraes (2004):

Anemia: redução de alguns componentes sanguíneos, especialmente eritrócitos e/ou hemoglobina;

Volume Corpuscular médio (VCM): determinação do volume médio de cada eritrócito;

Concentração da hemoglobina corpuscular média (CHCM): representa a concentração ou peso médio da hemoglobina por eritrócito;

Eritroblasto: células precursoras dos eritrócitos do sangue cujos polirribossomos sintetizam hemoglobina;

Eritrócito: glóbulo vermelho do sangue e que, no caso dos peixes, é nucleado;

Eritrograma: determinação do número de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, VCM e CHCM;

Eritropoiese: processo de origem e maturação dos eritrócitos;

Hematócrito: percentual do volume de sangue correspondente aos glóbulos;

Hematopoiese: processo de formação de células do sangue;

Hematopoiético: tecido ou órgão responsável pela hematopoiese;

Hemoconcentração: maior concentração de eritrócitos no sangue;

Hemodiluição: menor concentração de eritrócitos no sangue;

Hemoglobina: pigmento capaz de transportar oxigênio nos eritrócitos;

Hemólise: destruição dos eritrócitos que provoca liberação de hemoglobina;

Higidez: Condição do indivíduo que não sofre de nenhuma doença;

Hipocromia: eritrócitos de aspecto pálido, em virtude de sua concentração de hemoglobina;

Leucograma: determinação do número de leucócitos totais e da contagem diferencial;

Leucopenia ou leucocitopenia: redução do número de leucócitos circulantes;

Linfopenia ou linfocitopenia: redução do número de linfócitos circulantes;

Linfopoiese: processo de origem e maturação dos linfócitos;

Neutrofilia: aumento do número de neutrófilos circulantes;

Pancitopenia: redução do número de eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, VCM e CHCM;

O sangue é caracterizado sendo tecido líquido, móvel, do tipo conjuntivo, equilibrando-se com praticamente todos os outros tecidos, e tem como funções: distribuição de calor; transporte de gases respiratórios, nutrientes e produtos de excreção e atuar na defesa do organismo. O volume de sangue dos peixes está em torno de 1,5 a 3,0% de seu peso vivo (teleósteos) e cerca de 6,0% nos elasmobrânquios (RANZANI-PAIVA & SILVA-SOUZA, 2004).

Segundo Feldman et al. (2006), os peixes têm vários centros hematopoiéticos (rim cefálico, baço, fígado, entre outros), diferentemente dos mamíferos, que tem a hematopoiese sendo realizada somente pela medula óssea. Caso uma enfermidade comprometa o principal centro hematopoiético, outros órgãos podem assumir a produção de células. Os mesmos autores definem o sangue sendo composto por três camadas:

-Líquida (soro ou plasma): o plasma é composto de 90,0% de água, 7,0% de proteínas (globulinas e albuminas) e 3,0% de solutos variados. Tem como algumas funções o transporte de substâncias e a regulação osmótica entre o sangue e o líquido tecidual;

-Sólida branca: composta pelos glóbulos brancos (linfócitos, monócitos, neutrófilos, basófilos, eosinófilos, célula granulocítica especial e trombócitos);

-Sólida vermelha (eritrócitos).

Muitos fatores podem modificar o eritrograma das mais diversas espécies de peixes. Segundo Lea-Master et al. (1990), alterações na salinidade da água induzem modificações no eritrograma de tilápias, a exemplo de decréscimo no volume de eritrócitos, aumento da concentração de hemoglobina. Farghaly et al. (1973) relataram para a *Tilapia zilli*, aumento do hematócrito, da concentração de hemoglobina e do número de eritrócitos, e decréscimo, do VCM e CHCM após elevações da salinidade da água.

Araújo et al. (2011) conduziram pesquisa com juvenis de tilápias-do-Nilo (7,5 g) com o propósito de avaliar o perfil hematológico antes e após o desafio por baixa

temperatura, em peixes alimentados com dietas contendo diferentes inclusões de óleo de girassol e/ou linhaça, ou sem inclusão de ambos. O padrão hematológico encontrado, antes do desafio, proporcionado pela dieta basal foi: $1,99 \times 10^6 / \mu\text{L}$; 30,67%; 7,27 g/dL; 3,37 g/dL; 155,31 fL e 36,73%, para contagem de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, proteína plasmática total, volume corpuscular médio e concentração de hemoglobina corpuscular média, respectivamente.

Signor et al. (2010) avaliaram o perfil hematológico, antes e após desafio térmico, de tilápias do Nilo (7,27 g) alimentadas com dietas contendo níveis de levedura autolisada e zinco, por 128 dias. Os autores encontraram valores hematológicos proporcionados pela dieta sem adição de levedura e 79,5 mg de zinco suplementar/kg (exigência) para contagem de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina, proteína plasmática total, volume corpuscular médio e concentração de hemoglobina corpuscular média de: $2,36 \times 10^6 / \mu\text{L}$; 28,30%; 7,34 g/dL; 4,02 g/dL; 121,08 fL e 26,00%, respectivamente.

Com o objetivo de avaliar as diferenças no padrão hematológico de tilápias-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) confinadas em pesques-pague ou em consorciação com suínos, Azevedo et al. (2006) avaliaram os animais (420 g) mensalmente, por um ano, nos dois sistemas de criação. Os autores verificaram que as médias de eritrócitos, hematócrito, e diferenciação de leucócitos (linfócitos, monócitos e neutrófilos) em pesques-pague, foram, $1,14 \times 10^6 / \mu\text{L}$; 29,2%; 97,90%; 1,30% e 0,80%, respectivamente.

Teixeira et al. (2011) objetivaram encontrar o melhor nível de piridoxina em dietas práticas para tilápia-do-Nilo. Os animais, pesando inicialmente 8,41 g foram arraçoados por 91 dias e posteriormente foram realizadas as análises hematológicas. Para o nível de piridoxina recomendado pelos autores (10,0 mg/kg dieta), os valores sanguíneos foram: eritrócitos ($2,16 \times 10^6 / \mu\text{L}$), hematócrito (30,86%), hemoglobina (7,52 g/dL), volume corpuscular médio (143,54 fL), concentração de hemoglobina corpuscular média (24,37%), proteína plasmática total (2,96 mg/dL) e para diferenciação de leucócitos: linfócitos (91,29%), monócitos (2,90%) e neutrófilos (5,81%).

Com base no exposto, o estudo propõe avaliar níveis de proteína e energia digestíveis para tilápia-do-Nilo criadas em tanques-rede, na fase de terminação, avaliando-se desempenho produtivo, composição corporal, análises hematológicas antes e após desafio por transporte e, por fim, realizar análises econômicas da produção.

O capítulo II, intitulado “**Níveis de proteína e energia digestíveis para a tilápia-do-Nilo criada em tanques-rede na fase de terminação: Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros hematológicos**”, teve por objetivo avaliar as respostas de desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros hematológicos da tilápia-do-Nilo *Oreochromis niloticus* na fase de terminação (450 a 800 g), criadas em tanques-rede, alimentadas com diferentes níveis de proteína digestível e energia digestível. A redação deste capítulo, com determinados ajustes, foi realizada de acordo com as normas de publicação da **Aquaculture Nutrition**.

O capítulo III, intitulado “**Análise econômica de tilápias cultivadas em tanques-rede alimentadas com níveis de proteína e energia digestíveis**”, teve por objetivo avaliar as respostas econômicas de Tilápia-do-Nilo, com base na venda de animais inteiros ou processados (filés), após serem alimentados por 60 dias com dietas contendo três níveis de proteína digestível e dois de energia digestível, em condições de criação intensiva em tanques-rede, na fase de terminação (450 a 800 g). A redação deste capítulo foi realizada de acordo com as normas de publicação da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira (PAB).

9. Referências

- ABIMORAD, E.G.; CARNEIRO, D.J. Digestibility and performance of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) juveniles – fed diets containing different protein, lipid and carbohydrate levels. **Aquaculture Nutrition**, v.13, p.1-9, 2007.
- AI, Q.; MAI, K.; LI, H.; ZHANG, C.; ZHANG L.; DUAN, Q.; TAN, B.; XU, W.; MA, H.; ZHANG, W.; LIUFU, Z. Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus*. **Aquaculture**, v.230, p.507-516, 2004.
- AKPINAR, Z.; SEVGILI, H.; ÖZGEN, T.; DEMIR, A.; EMRE, Y. Dietary protein requirements of juvenile shi drum, *Umbrina cirrosa* (L). **Aquaculture Research**, p.1-9, 2011.
- ALI, M.Z.; JAUNCEY, K. Approaches to optimizing dietary protein to energy ratio for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). **Aquaculture Nutrition**, n.11, p.95-101, 2005.
- ARAÚJO, D.M.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; NAKAGOME, F.K. Hematologia de tilapias-do-nilo alimentadas com dietas com óleos vegetais e estimuladas pelo frio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.3, p.294-302, 2011.
- AZEVEDO, T.M.P.; MARTINS, M.L.; YAMASHITA, M.M.; FRANCISCO, C.J. Hematologia de *Oreochromis niloticus*: Comparação entre peixes mantidos em piscicultura consorciada com suínos e em pesque-pague no vale do rio Tijucas, Santa Catarina, Brasil. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, n.32, v.1, p.41-49, 2006.
- AYROZA, D.M.M.R.; FURLANETO, F.P.B.; AYROZA, L.M.S. Regulamentação do acesso territorial a tanques-rede em área de preservação permanente (APP), no Estado de São Paulo. www.pesca.sp.gov.br, em set./2005.
- AYROZA, L.M.S.; FURLANETO, F.P.B.; AYROZA, D.M.M.R.; SUSSEL, F.R. Piscicultura no Médio Paranapanema: situação e perspectivas. **Aquicultura e Pesca**, São Paulo, 12: 27-32, 2005.
- AYROZA, L. M. S. Criação de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, na usina hidrelétrica de Chavantes, rio Paranapanema, SP/PR. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal/SP, 2009.

BARROS, M.M.; RANZANI-PAIVA, M.J.T.; PEZZATO, L.E.; FALCON, D.R.; GUIMARÃES, I.G. Haematological response and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed diets containing folic acid. **Aquaculture Research**, 40, 895-903, 2009.

BELVERIDGE, M.C.M.. **Cage aquaculture**. 2 ed. Serrey, England: Fishing News Books, 1996. 346p.

BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) in response to dietary protein and energy levels. **Aquaculture Nutrition**, v.16, p.213-222, 2010.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; DONZELE, J.L.; ABREU, M.L.T.; RIBEIRO, F.B.; QUADROS, M. Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1713-1720, 2008.

BOMFIM, M.A.D.; LANNA, E.A.T.; SERAFINI, M.A.; RIBEIRO, F.B.; PENA, K.S. Proteína Bruta e Energia Digestível em Dietas para Alevinos de Curimatá (*Prochilodus affinis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1795-1806, 2005.

BORBA, M.R.; FRACALOSSO, D.M.; PEZZATO, L.E. Dietary energy requirement of piracanjuba fingerlings, *Brycon orbignyanus*, and relative utilization of dietary carbohydrate and lipid. **Aquaculture Nutrition**, v.12, p.183-191, 2006.

BOSCOLO, W.R.; FEIDEN, A.; SIGNOR, A.; SIGNOR, A.A.; BARD, J.J.; ISHIDA, F.A. Energia digestível para alevinos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.629-633, 2006.

BOSCOLO, W. R.; SIGNOR, A.; FEIDEN, A.; BOMBARDELLI, R. A.; SIGNOR, A. A.; REIDEL, A. Energia Digestível para Larvas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) na Fase de Reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1813-1818, 2005.

BOTARO, D.; FURUYA, W. M.; SILVA, L. C. R.; SANTOS, L. D.; SILVA, T. S. C.; SANTOS, V. G. Redução da proteína, com base no conceito de proteína ideal, para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), criada em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.517-525, 2007.

BROWN J. Endocrine responses to environmental pollutants. *In*: RANKIN J, JENSEN F (Ed.). **Fish ecophysiology**. London: Chapman & Hall, p.276-296. 1993.

BROWN, P.B., ROBINSON, E.H. Comparison of practical catfish feeds containing 26 or 30% protein. **Progressive Fish-Culturist**, v.51, p.149-151, 1989.

CAMILO, R.Y. Efeitos da adição de aminoácidos essenciais livres à dieta e da ausência de nutrientes na atividade de enzimas digestivas e no metabolismo intermediário de juvenis de matrinxã (*Brycon amazonicus*). Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em genética e evolução. Centro de ciências biológicas e da saúde, Universidade Federal de São Carlos, 2007.

CAMPO, L.F.C. La Tilapia Roja: una evolucion de 26 años, de la incertidumbre al exito. México, 147 p., 2008.

CAMPOS, C.M.; GANEKO, L.N.; CASTELLANI, D.; MARTINS, M.I.E. Avaliação econômica da criação de tilápias em tanque-rede no município de Zacarias, SP. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, 33(2), p.265-271, 2007.

CARDOSO, E. L.; FERREIRA, R. M. A.; PEREIRA, T. A.; CARDOSO, M. M. F. Cultivo de peixes em tanques-rede: desafios e oportunidades para o desenvolvimento sustentável. EPAMIG, Minas Gerais. p.9-22, 2005.

CARMICHAEL, G.J. Long distance truck transport of intensively reared largemouth bass. **Prog Fish Cult**, v.46, p.11-115, 1984.

CARNEIRO, P.C.F.; URBINATI, E.C. “Stress” e crescimento de peixes em piscicultura intensiva. In: III SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE MANEJO E NUTRIÇÃO DE PEIXES, Campinas. Anais. Campinas: CBNA, p.25-40. 1999.

CARNEIRO, P.C.; MARTINS, M.I.E.G.; CYRINO, J.E.P. Estudo de caso da criação comercial da tilápia vermelha em tanques-rede: Avaliação econômica. **Informações Econômicas**, São Paulo, 29(8): 52-61, 1999.

CHANCE, R.E.; E.T. MERTZ; J.E. HALVER. Nutrition of salmonid fishes, XII. Isoleucine, Leucine, Valine and Phenylalanine requirements of Chinook salmon and interrelations between isoleucine and leucine for growth. **Journal of Nutrition**, v.83: 177-185, 1964.

CHO, C.Y. Fish Nutrition, Feeds, and Feeding: With Special Emphasis on Salmonid Aquaculture. **Food Reviews International**, v.6, n.3, p.333-357, 1990.

CHO, C.Y.; BUREAU, D.P. Determination of the energy requirements of fish with particular reference to salmonids. **Journal of Applied Ichthyology**, v.11, p. 141-163, 1995.

COLDEBELLA, I.J.; NETO, J.R.; MALLMANN, C.A.; VEIVERBERG, C.A.; BERGAMIN, G.T.; PEDRON, F.A.; FERREIRA, D.; BARCELLOS, L.J.G. The effects of different protein levels in the diet on reproductive indexes of *Rhamdia quelen* females. **Aquaculture**, v.312, p.137-144, 2011.

COLT, J.; MONTGOMERY, J. M. Aquaculture production systems. **Journal of Animal Science**, EUA, v. 69, p.4183-4192, 1991.

COTAN, J.L.V.; LANNA, E.A.T.; BONFIM, M.A.D.; DONZELE, J.L.; RIBEIRO, F.B.; SERAFINI, M.A. Níveis de energia digestível e proteína bruta em rações para alevinos de lambari tambuí. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.634-640, 2006.

CYRINO, J.E.P.; CONTE, L.; Tilapicultura em Gaiolas: produção e economia. In: José Eurico Possebon Cyrino e Elisabeth Criscuolo Urbinati (Eds.). *AquaCiência 2004: Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aquicultura*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, cap.12, p.151-171, 2006.

DE LONG, D.C.; J.E. HALVER.; E.T. MERTZ. Nutrition of salmonid fishes.VI: Protein requirements of Chinook salmon at two water temperatures. **Journal of Nutrition**, v.65, p.589-599, 1958.

DENG, D.F.; JU, Z.Y.; DOMINY, W.; MURASHIGE, R.; WILSON, R.P. Optimal dietary protein levels for juvenile Pacific threadfin (*Polydactylus sexfilis*) fed diets with two levels of lipid. **Aquaculture**, v.316, p.25-30, 2011.

DE SILVA, S.S.; ANDERSON, T.A. Fish nutrition in Aquaculture. Fish and Fisheries Series n.01, Ed. Chapman & Hall, London, 330p. 1995.

DEVLIN, T.M. Manual de Bioquímica com Correlações Químicas. Edgard Blucher, São Paulo, 2000.

EL-SAYED, D.M.S.D.; GABER, M.M.A. Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concret tanks. **Aquaculture Research**, v.36, p.163-171, 2005.

EL-SAYED, A.F.M.; TESHIMA. S. Protein and energy requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, Fry. **Aquaculture**, v.103, n.1, p.55-63, 1992.

ERFANULLAH, A.K.J. Effect of dietary carbohydrate-to-lipid ratio on growth and body composition of walking catfish (*Clarias batrachus*). **Aquaculture**, v.161, p.159–168, 1998.

FAO – ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura, FAO – Roma, 176p, 2007.

FARGHALY, A.M.; EZZAT, A.A.; SHABANA, M.B. Effect of temperature and salinity changes on the blood characteristics of *Tilapia zilli* G. in Egyptian littoral lakes. **Comparative Biochemistry Physiology**, v.46, p.183-193, 1973.

FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, C.N. **Schalm's veterinary hematology**. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, p.1344, 2006.

FREATO, T.A.; FREITAS, R.T.F.; PIMENTA, M.E.S.G.; OLIVEIRA, G.R.; NETO, R.V.R.; MATTOS, B.O. Evaluation of Nile tilapia strains cultivated in cages under different feeding programmes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.41, n.6, p.1332-1336, 2012.

FURLANETO, F.P.B.; AYROZA, D.M.M.R.; AYROZA, L.M.S. Análise econômica da produção de tilápia em tanques-rede, ciclo de verão, região do médio Paranapanema, estado de São Paulo, 2009. **Informações Econômicas**, SP, v.40, n.4, 2010.

FURLANETO, F.P.B.; AYROZA, D.M.M.R.; AYROZA, L.M.S. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis sp*) em tanque-rede no médio Paranapanema, estado de São Paulo, safra 2004/05. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, n.3, p.63-69, 2006.

FURLANETO, F.P.B.; ESPERANCINI, M.S.T.; BUENO, O.C.S.; AYROZA, D.M.M.R. Análise quantitativa das pisciculturas da região paulista do Médio Paranapanema. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.38, n.10, p.35-44, 2008.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G.; SANTOS, V.G.; SILVA, L.C.R.; SILVA, T.C.; FURUYA, V.R.B.; SALES, P.J.P. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.

FURUYA, W.M., HAYASHI, C., FURUYA, V.R.B. Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), na fase juvenil. **Revista Unimar**, v.18, n.2, p.307-319, 1996.

FURUYA, W.M.; HAYASHI, C. FURUYA, V.R.B.; SOARES, C.M. Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.29, n.6, p.1912-1917, 2000.

GLENCROSS, B.; HIEN, T.T.T.; PHUONG, N.T.; CAN TU, T.L. A factorial approach to defining the energy and protein requirements of Tra Catfish, *Pangasianodon hypophthalmus*. **Aquaculture Nutrition**, v.17, p.396-405, 2011.

GÓMES-MONTES, L.; GARCIA-ESQUIVEL, Z.; D'ABRAMO, L.R.; SHIMADA, A.; VÁSQUEZ-PELÁEZ, C.; VIANA, M.T. Effect of dietary protein:energy ratio on intake, growth and metabolism of juvenile green abalone *Haliotis fulgens*. **Aquaculture**, v.220, p.769-780, 2003.

GONÇALVES, G.S.; FURUYA, W.M. Digestibilidade aparente de alimentos pelo piavuçu, (*Leporinus macrocephalus*). **Acta Scientiarum**. v.26, n.2, p.165-169, 2004.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; HISANO, H.; ROSA, M.J.S. Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápias-do-Nilo formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.12, p.2289-2298, 2009.

GONÇALVES, G. S.; VIDOTTI, R. M.; SANTA ROSA, M. J.; CHAGURI, M. P.; SUSSEL, F. R. Níveis de proteína digestível para tilápia-do-Nilo em tanques rede. In: 46^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Maringá-PR. Anais...2009a.

HALVER, E.J. Fish Nutrition. . Academic Press, Inc, San Diego, 1989.

HALVER, E.J. Nutrition of salmonids fishes III. Water soluble vitamin requirement of Chinook salmon. **Journal of Nutrition**. 62: 225-243,1957.

HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M.; MEURER, F. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.823-828, 2002.

HEMPEL, E. Tilapia, the new whitefish. Seafood international, AGRA Europe, London, 17(10): 16-20. 2002.

HEW, C.L. Transgeni fish: present status and future directions. **Fish Physiology Biochemistry**. v.7, p.1-4. 1989.

HOUSTON, A. H. Review: are the classical hematological variables acceptable indicators of fish health? **Transactions of the American Fisheries Society**, Bethesda, v.126, p. 879-894, 1997.

JOBLING, M. Fish bioenergetics. London: Chapman & Hall, 307p. 1994.

KROGDAHL, A., HEMRE, G.-I.; MOMMSEN, T.P. Carbohydrate in fish nutrition: digestion and absorption in post larval stages. **Aquaculture Nutrition**, v.11, p.103-122, 2005.

KUBITZA, F. Nutrição e alimentação de peixes. Piracicaba: Ed. Franciscana, Brasil. 1997.

KUBITZA, F., LOVSHIN, L.L., ONO, E.A., SAMPAIO, A.V. Planejamento da produção de peixes. 3 ed. versão ampliada. Jundiaí: Fernando Kubitza, 77 p. 1999.

LEA-MASTER, B.R.; BROCK, J.A.; FUJIOKA, R.S.; NAKAMURAS, R.M. Hematologic and blood chemistry values for *Sarotherodon melanotheron* and a red hybrid tilapia in freshwater and seawater. **Comparative Biochemistry and Physiology**, v.97, n.4, p.525-529, 1990.

LINKONGWE, J.S.; STECKO, T.D.; STAUFFER, JR, J.R.; CARLINE, R.F. Combined effects of water temperature and salinity on growth and feed utilization of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Linneaus). **Aquaculture**, p. 37-46, 1996.

LIM, C.; WEBSTER, C.D. Tilapia - Biology, Culture and Nutrition: The Haworth Press, New York, XIX + 678 p., ISBN-13, 2006.

LOVELL, T. Nutrition and feeding of fish. Boston: Kluwer Academic Publishers, 267p. 1998.

MAZEAUD, M.M.; MAZEAUD, F.; DONALDSON, E.M. Primary and secondary effects of stress in fish: some new data with a general review. **Transactions of the American Fisheries Society**, v.106, p.201-212. 1977.

McGOOGAN, B.B.; GATLIN III, D.M. Dietary manipulations affecting growth and nitrogenous waste production of red drum, *Sciaenops ocellatus* II. Effects of energy level and nutrient density at various feeding rates. **Aquaculture**, v.182, p.271-285, 2000.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R.; SOARES, C.M. Lipídeos na alimentação de alevinos revertidos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.566-573, 2002.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhandia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v.240, p.331-343, 2004.

MODRÁ H, SVOBODOVÁ Z, KOLÁŘOVÁ, J. Comparison of differential leukocyte counts in fish of economic and indicator importance. **Acta Veterinaria Brno**, n.67, v.4, p.215-226, 1998.

MOHANTA, K.N.; MOHANTY, S.N.; JENA, J.; SAHU, N.P. A dietary energy level of 14,6 MJ kg⁻¹ and protein-to-energy ratio of 20,2 g MJ⁻¹ results in best growth performance and nutrient accretion in silver barb *Puntios gonionotus* fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v.15, p.627-637, 2009.

MONENTCHAM, S.-E.; POUOMOGNE, V.; KESTEMONT, P. Influence of dietary protein levels on growth performance and body composition of African bonytong fingerlings, *Heterotis niloticus* (Cuvier, 1829). **Aquaculture Nutrition**, 16, 144-152, 2010.

MOYLE, P.B.; J.J. CECH, Jr. Fishes: An introduction to ichthyology. 2ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ, USA. 559p. 1998.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestic animals. Washington, D.C. National Academic Press, 114p. 1993.

NAVARRO, R. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; MATTA, S. L. P.; SOUZA, M. A. Níveis de energia digestível da dieta sobre o desempenho de piaçuçú (*Leporinus macrocephalus*) em fase pós-larval. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v.29, n.1, p.109-114, 2007.

NELSON, D.L.; COX. M.M. *Lehninger Principles of Biochemistry*. 3rd ed. Worth Publishers, 2000.

NOGUEIRA, A. Criação de tilápia em tanques-rede. **SEBRAE**, Bahia. P.23, 2007.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. Cultivo de peixes em tanques-rede. 3^a Ed. Jundiaí: Eduardo A. Ono, 112p, 2003.

PEZZATO, L.E.; BARROS, M.M.; FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. *Nutrição de Peixes*. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. *Tópicos Especiais em Piscicultura de água Doce Tropical Intensiva*. São Paulo: Aquabio, v.1, p.75-170. 2004.

PEZZATO, L.E.; PACKER. I.V.; PEZZATO, A.C. et al. Efeito de níveis de proteína sobre o crescimento da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), submetida a reversão sexual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 5, 1986, Cuiabá. *Anais...* Cuiabá, Mato Grosso, Brasil, p. 70-71, 1986.

PICKERING, A.D.; POTTINGER, T.G. Stress response and disease resistance in salmonid fish: effects of chronic elevations of plasma cortisol. **Fish Physiology Biochemistry**, v.7, p.253-258, 1989.

RANA, K.J. Reproductive biology and the hatchery rearing of tilapia eggs and fry. In: Muir, J.F.; Roberts, R.J. Eds. Recent Advances in Aquaculture. Croom Helm, London, v.3, p.343-406, 1998.

RANZANI-PAIVA, M.J.; SILVA-SOUZA, A.T. Hematologia de peixes brasileiros. In: RANZANI-PAIVA, M.J.; TAKEMOTO, R.M.; LIZAMA, M.A.P. (Eds). Sanidade de Organismos Aquáticos. São Paulo: Varela, p.89-120, 2004.

RAWLES, S.D.; GATLIN III, D.M. Carbohydrate utilization in striped bass (*Morone saxatilis*) and sunshine bass (*M. chrysops* ♀ x *M. saxatilis* ♂). **Aquaculture**, v.161, p.201-212, 1998.

REIDEL, A.; ROMAGOSA, E.; FEIDEN, A.; BOSCOLO, W.R.; COLDEBELLA, A.; SIGNOR, A.A. Rendimento corporal e composição química de jundiás alimentados com diferentes níveis de proteína e energia na dieta, criados em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.233-240, 2010.

ROBINSON, E.H., WILSON, R.P. Nutrition and feeding. In:TUCKER, C.S. (Ed.) **Channel catfish culture**. New York: Elsevier, p.323-404. 1985.

ROZIN, P.; MAYER, J. Regulation of food intake in the goldfish. Amsterdam, American Journal of Physiology, Legacy content, v.201, n.5, p.968-974, 1961.

RUEDA-LOPEZ, S.; LAZO, J.P.; REYES, G.C.; VIANA, M.T. Effect of dietary protein and energy levels on growth, survival and body composition of juvenile *Totoaba macdonaldi*. **Aquaculture**, v.319, p.385-390, 2011.

SÁ, M.V.C.; FRACALOSSO, D.M. Exigência Protéica e Relação Energia/Proteína para alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.1-10, 2002.

SALARO, A.L. Manejo e nutrição de peixes em tanques-rede. In: I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal, Fortaleza. I Congresso Brasileiro de Nutrição Animal, p.1-10, 2009.

SALARO, A.L.; LAMBERTUCCI, D.M. **Construção e instalação de tanques rede**. Brasília: SENAR, v.1. 96 p, 2005a.

SALARO, A.L.; LAMBERTUCCI, D.M. **Criação de peixes em tanques rede**. Brasília: SENAR, v.1, 92 p, 2005b.

SAMPAIO, A.M.B.; KUBITZA, F.; CYRINO, J.E.P. Relação energia:proteína na nutrição do tucunaré. **Scientia Agrícola**, v.57, n.2, p.213-219, 2000.

SCHMITTOU, H.R. Produção de peixes em alta densidade em tanque-rede de pequeno volume. Campinas: Mogiana Alimentos e Associação Americana de soja, 78p. 1997.

SCORVO FILHO, J.D.; FRASCÁ-SCORVO, C.M.D.; RIBEIRO, M.A.G.; ALVES, J. M.C.; DONADELLI, A.; TURCO, P.H.N. Desempenho da tilápia criada em tanques-rede em represa rural, alimentada com rações de diferentes concentrações de proteína bruta. Anais...AquaCiência, Maringá-PR, 2008.

SEBRAE – Serviço de Apoio a Micro e Pequenas Empresas. Aqüicultura e Pesca: Tilápias. SEBRAE. p.137, 2008.

SHIROTA, R.; SONODA, D.Y. Comercialização de pescados no Brasil: caracterização dos mercados. In: Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva. São Paulo: TecArt, Cap.16, p. 501-516, 2004.

SILVA ,S.S.; GUNASEKARA, R.M.; ATAPATU, D. The dietary protein requirements of young tilapia and an evaluation of the least cost of dietary protein levels. **Aquaculture**, v.80, p.271-284, 1989.

SIGNOR, A.; PEZZATO, L.E.; FALCON, D.R.; GUIMARÃES, I.G.; BARROS, M.M. Parâmetros hematológicos da tilápia-do-Nilo: Efeito da dieta suplementada com levedura e zinco e do estímulo pelo frio. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.11, n.3, p.509-519, 2010.

SKAJKO D.; FIRETTI R. (a) Tilápias em Tanque-rede, ótima alternativa de investimento. Anualpec 2000; p.309-322, 2000.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F.R. Hematologia de peixes teleósteos. Ribeirão Preto, USP, p.144, 2004.

TEIXEIRA, C.P.; BARROS, M.M.; PEZZATO, L.E.; FERNANDES JUNIOR, A.C.; KOCH, J.F.A.; PADOVANI, C.R. Growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing levels of pyridoxine and haematological response under heat stress. **Aquaculture Research**, p.1-8, 2011.

TRAN-DUY, A.; SMIT, B.; DAM, A.A.V.; SCHRAMA, J.W. Effects of dietary Storch and energy levels on maximum feed intake, growth and metabolism of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. **Aquaculture**, v.277, p.213-219, 2008.

VAN DEN THILLART, G.; VAN RAAIJ, M. Endogenous fuels, non invasive versus invasive approaches. In: HOCHACHKA, P.W.;MOMMSEN, P. (Ed). *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes Metabolic Biochemistry*. Amsterdam: Elsevier Science, v.4, p.33-63, 1995.

VAN DIJK, P.L.M.; HARDEWIG, I.; HOLKER, F. Energy reserves during food deprivation and compensatory growth in juvenile roach: the importance of season and temperature. **Journal of fish biology**, v.66, n.1, p.167-181, 2005.

VERA-CALDERÓN, L.E.; FERREIRA, A.C.M. Estudo da economia de escala na piscicultura em tanque-rede, no estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, p.7-17, 2004.

WATANABE, T. Strategies for further development of aquatic feeds. *Fisheries Science*, 68, 242–252, 2002.

WEBSTER, C.D.; LIM, C. Introduction to fish nutrition. In: WEBSTER, C.D.; LIM, C. (Ed.). *Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture*. New York: CABI, chap. 1, p.1-27. 2002.

WEDEMEYER, G.A. *Physiology of fish in intensive culture systems*. New York: Chapman & Hall, 1996.

WEIL L, BARRY T, MALISON J. Fast growth in rainbow trout is correlated with a rapid decrease in post-stress cortisol concentrations. **Aquaculture**, v.193, p.373-380, 2001.

WENDELAAR BONGA, S.E. The Stress Response in Fish. *Physiological. Reviews*, n.77, 591-625. 1997.

WIESER, W.; KRUMSCHNABEL, G.; OJWANG-OKWOR, J.P. The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. **Environmental Biology of fishes**, v.33, n.1, p.63-71, 1992.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. Pages 111 – 151 in J.E. Halver, editor *Fish Nutrition*. Academic press, Inc. San Diego, Ca, USA. 1989.

WILSON, R.P. Utilization of dietary carbohydrate by fish. **Aquaculture**, v.124, p.67–80, 1994.

WILSON, R.P.; HALVER, J.E. Protein and amino acid requirements of fishes. *Annual Review of Nutrition*, v.6, p.225-244, 1986.

ZANIBONI FILHO, E.; SAMPAIO, L.A. Cultivo de peixes em tanques-rede na região sul do Brasil. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 1, 2004. **Anais...** Vitória: AQUIMERCO, p.29, 2004.

ZANIBONI FILHO, E.; NUÑER, A. P. O.; GUERESCHI, R. M.; HERMES-SILVA, S. Cultivo de peixes em tanques-rede e impactos ambientais. In: Seminário sobre Cultivo de Peixes em Tanques-rede: Desafios e oportunidades para um desenvolvimento sustentável, 2005, Belo Horizonte, MG. Cultivo de peixes em tanques-rede. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, v. único. p.57-80, 2005.

Capítulo II

Níveis de energia e proteína digestíveis para a tilápia-do-Nilo criada em tanques-rede na fase de terminação: Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros hematológicos

Níveis de proteína e energia digestíveis para a tilápia-do-Nilo criada em tanques-rede na fase de terminação: Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros hematológicos

Resumo: A exigência de proteína e energia digestíveis não foram determinados para tilápia-do-Nilo em sistema intensivo (tanques-rede). Este estudo avaliou os parâmetros hematológicos antes e após estresse por transporte, composição da carcaça e filé e desempenho de tilápia-do-Nilo alimentadas com níveis de proteína digestível (PD) e energia digestível (ED). Tilápias-do-Nilo ($450,96 \pm 9,12\text{g}$) foram distribuídas em 50 tanques-rede (1m^3), na densidade de 100 peixes tanque⁻¹ e alimentadas com dietas contendo 20,0; 23,0; 26,0; 29,0 ou 32,0% de PD, 3.000 ou 3.300 kcal de ED kg⁻¹ em delineamento em blocos casualizados (n=5) e arranjo fatorial 5x2. Após 60 dias os peixes foram pesados e as dietas quantificadas para determinar o desempenho produtivo [biomassa final (BF), ganho de biomassa (GB), conversão alimentar aparente (CAA), peso final médio (PFM), sobrevivência (SOB), taxa de eficiência protéica (TEP), rendimentos de filé (RF) e carcaça (RC) e, os índices hepatossomático (IHS) e de gordura visceral (IGV). Os teores de umidade, proteína, extrato etéreo e matéria mineral dos filés e da carcaça foram quantificados. As análises hematológicas (eritrócitos, hemoglobina, hematócrito, volume corpuscular médio, concentração de hemoglobina corpuscular média e diferenciação de leucócitos) foram realizadas e posteriormente 40 peixes foram transferidos e submetidos à estresse por transporte (5 horas de duração), sendo os mesmos parâmetros hematológicos analisados novamente. Os níveis de PD influenciaram a BF, GB, CAA, PFM e TEP. Houve interação PD x ED para RF, IHS, além da umidade, proteína bruta e extrato etéreo da carcaça. Não houve influência da ED para as variáveis de desempenho produtivo e composição do filé e carcaça. O nível de 3.300 kcal de ED kg⁻¹ beneficiou o estado de saúde dos animais. Os peixes apresentaram linfocitopenia e neutrofilia após o estresse, independente da ração consumida. Considerando-se a saúde e desempenho produtivo recomenda-se utilização de dieta com 27% de proteína digestível e 3.300 kcal de energia digestível kg⁻¹ para a terminação (450 a 800g) de tilápias-do-Nilo criadas em tanques-rede.

Palavras chave: estresse, hematologia, homeostase, nutrição e saúde, *Oreochromis niloticus*, sistema intensivo

Digestible protein and energy levels during the finishing stage of Nile tilapia raised in cages: Growth performance, body composition and hematological parameters

Abstract: Digestible protein and energy have not been determined for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in intensive system (cages). This study evaluates hematological parameters before and after transportation stress, fillet and carcass composition and growth of Nile tilapia fed increasing levels of digestible protein (DP) and energy (DE). Nile tilapia (450.96 ± 5.12 g) were distributed into 50 1m^3 cages (100 fish tank⁻¹) and fed diets containing 20.0; 23.0; 26.0; 29.0 or 32.0% DP, 3000 or 3300 kcal DE kg⁻¹ in a completely randomized block design (n=5) and 5x2 factorial arrangement. After 60 days the fish were weighed and the diet was quantified to determine the growth performance [final biomass (FB), biomass gain (BG), feed conversion ratio (FCR), average final weight (AFW), survival (S), protein efficiency ratio (PER) , fillet yield (FY), carcass yield (CY), hepatosomatic index (HSI) and visceral fat index (VFI)]. Moisture, protein, lipid and mineral content of the fillets and carcass were quantified. Haematological analyses (red blood cell count, haemoglobin, haematocrit, mean corpuscular volume, mean corpuscular haemoglobin concentration and differential counting of leucocytes) were carried out and then 40 fish were transferred and subjected to transportation stress (4 hours), after which the haematological parameters were analysed again. FB, BG, FCR, AFW and PER were influenced by DP levels. FY and HIS, as well as moisture, crude protein and ether extract of the carcass were influenced by DP x DE interaction. There was no influence of DE on the productive performance and fillet and carcass composition. 3300 kcal DE kg⁻¹ improved animal health. Fishes presented lymphocytopenia and neutrophilia after stress, regardless of feed consumed. Considering health and growth performance it is recommended a diet with 27% of digestible protein and 3300 kcal of digestible energy kg⁻¹ during the finishing stage of Nile tilapia raised in cages.

Keywords: hematology, homeostasis, intensive system, nutrition and health, *Oreochromis niloticus*, stress.

Introdução

O sistema de criação de peixes em tanques-rede, conhecido pela elevada produção de biomassa por área, é totalmente dependente de rações balanceadas para alta produtividade, devido ao acesso restrito dos animais ao alimento natural, além desse alimento não ser capaz de atender as exigências dos peixes (Ono & Kubitzka 2003). Além de comprometer o desempenho dos peixes, o uso de rações desbalanceadas promove impacto ao meio ambiente e à própria criação, pois os nutrientes não aproveitados são eliminados, aumentando a eutrofização do meio aquático (Millward 1989).

Muitas variações têm sido encontradas na exigência proteica ótima para o melhor desempenho de peixes. Estas variações são resultados de distintas condições experimentais, diferentes espécies, tamanho e idade dos animais, densidade de estocagem, qualidade da proteína e condições ambientais (El-Saidy & Gaber 2005). Outro fator importante refere-se a relação energia/proteína, com influências no crescimento e conversão alimentar de tilápias-do-Nilo (Al-Hafedh 1999).

Segundo LeGrow & Beamish (1986), o excesso de proteína na dieta será utilizado como energia, resultando em maior produção de amônia. Dessa forma, fontes energéticas não-protéicas diminuem a utilização da proteína com finalidade energética, resultando em melhor crescimento, pelo processo chamado efeito poupador de proteína (El-Sayed & Teshima 1992; Morais *et al.* 2001; Yuan *et al.* 2010). No entanto, o uso de energia não-protéica deve ser cuidadosamente avaliado, pois seu excesso reduz a ingestão alimentar, produz peixes gordurosos e inibe a utilização de outros nutrientes (Lovell 1979; Winfree & Stickney 1981; Fu *et al.* 2001; Yuan *et al.* 2010). Assim, torna-se importante formular adequadamente a relação energia/proteína na produção de dietas comerciais (Lee & Kim 2005). Muitos estudos têm sido conduzidos para determinar a ótima relação energia/proteína em dietas de peixes (Meyer & Fracalossi 2004; Bicudo *et al.* 2010; Pirozzi *et al.* 2010).

A determinação das exigências nutricionais nas diferentes espécies é, de maneira geral, feita com base na avaliação do desempenho produtivo proporcionado pelas dietas. No entanto, parâmetros hematológicos podem ser importantes indicadores do impacto das dietas na saúde dos peixes (Houston 1997). Esses fatores podem ser importantes ferramentas no conhecimento da dinâmica de utilização dos nutrientes.

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade e a necessidade de produção cada vez maior de fontes protéicas faz da aquacultura atividade em crescente ascensão no Brasil, principalmente devido às condições favoráveis com relação ao clima e qualidade de água. Dentre as espécies mais utilizadas, a tilápia-do-Nilo, se destaca no cenário nacional e mundial e, no Brasil, esta é a mais produzida. Segundo El-Saidy & Gaber (2005), o rápido crescimento, tolerância a água de baixa qualidade, conversão alimentar eficiente, fácil reprodução, resistência a doenças e boa aceitação pelos consumidores fazem da tilápia peixe adequado para cultivo.

Pesquisas têm determinado a exigência de proteína bruta e energia bruta, porém ainda faltam estudos para determinação dos valores de exigência em proteína e energia digestíveis, principalmente em condições intensivas de criação, como tanques-rede. Os produtores, na sua maioria, têm utilizado rações com 32% de proteína bruta durante todo o ciclo de produção, nível este acima do esperado para a fase de terminação, principalmente considerando-se que a tilápia é um peixe onívoro e não necessitaria dessa quantidade de proteína para atender sua exigência, além deste nutriente representar a porção mais cara da ração (Furuya 2010).

A fase de terminação, denominação dada para os animais que pesam entre 400 e 800g, é responsável por grande consumo de ração nas propriedades, tendo forte influência nas características da carcaça e nas condições de saúde dos animais. De maneira geral, os peixes ao atingirem o peso de abate, são comercializados com frigoríficos, para serem processados, ou são transportados vivos para pesqueiros, com finalidade recreativa (pesque-pague), fazendo-se necessário a avaliação do “status” de saúde desses animais após o transporte.

Dessa forma, esta pesquisa tem por objetivo avaliar desempenho produtivo, composição químico-bromatológica do filé e carcaça e, parâmetros hematológicos antes e após desafio por transporte, para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas em tanques-rede com diferentes níveis de proteína digestível e energia digestível, na fase de terminação (450 a 800 g).

Material e Métodos

A pesquisa foi realizada na Piscicultura Fernandes – Palmital/SP (latitude 22°56'41,47", longitude 50°10'39,06"), no reservatório de Canoas II, rio Paranapanema. Foram utilizados 5.000 peixes machos (invertidos sexualmente) de tilápia-do-Nilo, linhagem Supreme, com peso médio de 450 g. Após os peixes serem selecionados em mesa de classificação manual, permaneceram por duas semanas em tanques-rede de seis m³ de capacidade, sendo alimentados com ração comercial (32% proteína bruta), até o início da pesquisa.

Posteriormente, os peixes foram distribuídos aleatoriamente em 50 tanques-rede de 1,0 m³, localizados em uma única linha experimental, numa densidade de 100 peixes tanque-rede⁻¹. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, sendo considerados cinco blocos, em sequência na linha experimental, com os tratamentos casualizados dentro de cada bloco. Os animais foram blocados devido as diferenças na profundidade do reservatório, bem como nas correntes de água, fazendo com que macrófitas se estabelecessem somente em determinadas partes da linha de tanques-rede. A pesquisa foi desenvolvida em esquema fatorial (5 x 2), composto por cinco níveis de proteína digestível (PD): 20, 23, 26, 29 e 32%; e dois níveis de energia digestível (ED): 3.000 e 3.300 kcal kg⁻¹ de dieta, com cinco repetições (tanques-rede) por tratamento.

Utilizou-se na elaboração das dietas a técnica de diluição, sendo formuladas, dentro de cada nível energético (3.000 ou 3.300 kcal kg⁻¹), as dietas contendo 20 % de proteína digestível (menor nível) e 32% de proteína digestível (maior nível). Os demais níveis foram obtidos da seguinte forma:

- Dieta 23% PD: 75% dieta 20% PD + 25% dieta 32% PD;
- Dieta 26% PD: 50% dieta 20% PD + 50% dieta 32% PD;
- Dieta 29% PD: 25% dieta 20% PD + 75% dieta 32% PD;

As rações foram formuladas de forma apresentar níveis de aminoácidos conforme determinado por Furuya *et al.* (2001) e demais nutrientes segundo NRC (1993). As dietas (Tabela 1) foram formuladas de maneira a se manterem isofibrosas, isocalcíticas e isofosfóricas.

Os ingredientes foram moídos (peneira com diâmetro de 1,00 mm) e homogeneizados em misturador horizontal de hélice. As rações foram processadas em fábrica de ração comercial, em extrusora com capacidade de 1,5 ton hora⁻¹, apresentando diâmetro médio de 6,0 a 8,0 mm. Posterior a extrusão as rações passaram por secador de esteira, resfriador e ficaram armazenadas em silos até o ensacamento, com menos de 11% de umidade. As análises de matéria seca e proteína bruta das rações foram realizadas no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, FMVZ, UNESP, Câmpus de Botucatu.

Os peixes foram alimentados por 60 dias, utilizando-se barco, e fornecendo quantidade de ração equivalente a 2,0% da biomassa presente no tanque-rede, com três arraçoamentos diários (9:00, 13:00 e 17:00 horas). A quantidade de ração fornecida foi determinada por tabela comercial, sendo considerado o peso dos animais e temperatura da água. Foram realizadas biometrias a cada 21 dias, aleatoriamente em dois tanques-rede (repetição) de cada tratamento, amostrando-se, no mínimo, 20% dos animais. Este procedimento teve por objetivo corrigir a quantidade de ração a ser fornecida por tratamento.

Diariamente verificou-se a temperatura da água e, semanalmente, o pH e o teor de oxigênio dissolvido, utilizando-se sonda YSI 556[®]. Estes parâmetros foram aferidos a um metro de profundidade, na parte inicial, medial e final da linha de tanques-rede.

Análises hematológicas

As análises hematológicas foram realizadas após 60 dias de experimento, com os animais pesando, em média, 750 g. Dois peixes coletados aleatoriamente em quatro unidades experimentais (tanques-rede) foram submetidos a análises hematológicas para estabelecer os parâmetros normais da população, totalizando oito animais por tratamento.

Os peixes (um por vez) foram retirados dos tanques-rede, ainda na linha experimental, com auxílio de puçá e colocado diretamente em solução de benzocaína (0,1 g litro⁻¹ de água). Posteriormente, após a completa insensibilização, foi coletado sangue por meio de punção do vaso caudal com auxílio de seringa de 1,0 mL, banhada com anticoagulante (EDTA 3,0%). A contagem do número de eritrócitos foi realizada

pelo método do hemocítômetro em câmara de Neubauer, utilizando como diluente a solução azul de toluidina a 0,01%, em pipeta de Thoma. A taxa de hemoglobina (Hb) foi determinada pelo método da cianometahemoglobina, utilizando-se o kit comercial Analisa Diagnóstica[®] para determinação colorimétrica, segundo Collier (1944). A porcentagem de hematócrito (Htc) foi determinada pelo método do microhematócrito, segundo Goldenfarb *et al.* (1971). A diferenciação dos leucócitos foi realizada em extensão sanguínea, corada com May-Grünwald Giemsa, a partir da diferenciação de 200 células lâmina⁻¹.

Posteriormente a essas análises, foram calculados os índices hematimétricos volume corpuscular médio [$VCM = (Htc \times 10)/eritrócitos$] e concentração de hemoglobina corpuscular média [$CHCM = (Hb \times Htc) \times 100$], segundo Wintrobe (1934).

Desafio por transporte

No dia posterior ao que foi realizado as análises hematológicas, dois peixes/tanque-rede (oito peixes/tratamento), que não tiveram sangue coletado nas primeiras avaliações, foram capturados e colocados em gaiolas identificadas para cada tratamento, submersas na caixa de transporte. O tamanho das gaiolas foi determinado pelo peso médio dos peixes, a fim de respeitar a densidade de transporte comumente utilizada para esta espécie (300 g de peixe litro⁻¹ de água da gaiola). A caixa de transporte era dotada de mangueira micro perfurada a laser acoplada a um cilindro de oxigênio. O sistema contava com fluxômetro, com a finalidade de manter o teor de oxigênio dissolvido nos padrões ideais para a espécie. Após o transporte, que teve duração de aproximadamente cinco horas (primeiros peixes a serem avaliados), foi realizada nova coleta de sangue e foram quantificadas as mesmas variáveis hematológicas realizadas antes do desafio.

Desempenho produtivo

Após 60 dias de arraçoamento, posteriormente às análises hematológicas antes e após desafio, todos os animais foram contabilizados e pesados para a determinação do desempenho produtivo. Todos os tanques-rede foram trazidos, de cinco em cinco, até a margem com o auxílio de um barco a motor. Estes tanques-rede foram amarrados na margem da balsa de despesca e, um a um foram içados até que metade do tanque ficasse acima do nível da água. Dessa forma, com o auxílio de puçá os peixes foram retirados

(máximo dez por vez) e colocados na sacola de pesagem, momento esse que ocorria a contagem. Após a contagem e pesagem (balança digital com dez gramas de precisão) de todos os peixes, seis peixes foram aleatoriamente separados em um tanque-rede identificado para posterior retirada do filé, estudo bromatológico da carcaça e mensuração da gordura visceral e do índice hepatossomático. As variáveis de desempenho produtivo avaliadas foram:

Biomassa final (kg): Σ peso dos peixes do tanque-rede;

Ganho de biomassa (kg): Biomassa final – biomassa inicial;

Conversão alimentar aparente (kg:kg): Quantidade de ração fornecida/ganho de biomassa;

Peso final médio (kg): Biomassa final/número de peixes ao término do experimento;

Sobrevivência (%): $(\text{Número de peixes final} / \text{número de peixes inicial}) \times 100$;

Taxa de eficiência protéica: Ganho de peso/consumo de proteína;

Rendimento de filé (%): $(\Sigma \text{ peso dos filés} / \Sigma \text{ peso animais}) \times 100$;

Rendimento de carcaça (%): $(\text{Peso carcaça eviscerada} / \text{peso animal}) \times 100$;

Índice hepatossomático (%): $(\text{Peso fígado} / \text{peso do animal}) \times 100$;

Índice de gordura visceral (%): $(\text{Peso gordura visceral} / \text{peso animal}) \times 100$.

Composição bromatológica dos filés e carcaça dos peixes

Para determinação da composição bromatológica da carcaça e dos filés o material foi individualmente moído (moedor de carne Arbel MCR08), homogeneizado manualmente e, posteriormente, levado em bandejas à estufa (65 °C) por 48 horas para a pré-secagem. Passada esta etapa, o material foi retirado das bandejas e novamente processado e homogeneizado, sendo posteriormente identificadas e acondicionadas em freezer à -20 °C, em recipientes plásticos. Ressalta-se que antes da moagem das carcaças foram retiradas as escamas e todas as nadadeiras (dorsal, caudal, anal e pitorais).

Essas amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Bromatologia da FMVZ – Botucatu e, conforme a metodologia descrita pela AOAC (2000) foi determinado o teor de matéria seca, proteína bruta, matéria mineral e extrato etéreo.

Analise estatística

Desempenho produtivo

Para a variável sobrevivência foi aplicada a técnica da Análise de Variância para o esquema de dois fatores complementada com o teste de comparações múltiplas de Dunn (Zar 1999). Para as demais variáveis foi aplicada a técnica da Análise de Variância para o esquema de dois fatores em blocos casualizados complementada com a análise de regressão polinomial e teste de comparações múltiplas de Tukey (Zar 1999). As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico SAS[®] (SAS, 2004).

Análises hematológicas

Porcentagem de neutrófilo e monócito: Técnica da análise de variância não paramétrica para o modelo de medidas repetidas em grupos (esquema de dois fatores) complementada com o teste de comparações múltiplas de Dunn, considerando o nível de 5% de significância (ZAR, 1999). Para as demais variáveis foi aplicada a técnica da Análise de Variância para o modelo de medidas repetidas em grupos independentes (esquema de dois fatores) complementada com o teste de comparações múltiplas de Bonferroni, considerando o nível de 5% de significância (ZAR, 1999).

Resultados

A temperatura aferida pela manhã e tarde, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, foram $24,5 \pm 2,2$ e $25,3 \pm 2,1$ °C; $7,20 \pm 0,2$; $56,5 \pm 1,25$ $\mu\text{S cm}^{-1}$ e $6,15 \pm 0,5$ mg L^{-1} , respectivamente, sendo considerados adequados para a espécie utilizada na pesquisa, segundo Boyd (1990).

A seguinte quantidade de ração foi consumida pelos animais, em $\text{kg tanque-rede}^{-1}$: dieta com 20% de proteína digestível (PD) e 3.000 kcal de energia digestível (ED) kg^{-1} : 53,215; dieta 20% de PD e 3.300 kcal de ED kg^{-1} : 54,496; dieta 23% de PD e 3.000 kcal de ED kg^{-1} : 56,594; dieta 23% de PD e 3.300 kcal de ED kg^{-1} : 57,995; dieta 26% de PD e 3.000 kcal de ED kg^{-1} : 57,498; dieta 26% de PD e 3.300 kcal de ED kg^{-1} : 57,234; dieta 29% de PD e 3.000 kcal de ED kg^{-1} : 56,898; dieta 29% de PD e 3.300 kcal de ED

kg⁻¹: 57,683; dieta 32% de PD e 3.000 kcal de ED kg⁻¹: 55,262; dieta 32% de PD e 3.300 kcal de ED kg⁻¹: 54,371.

Não houve efeito de blocos para as variáveis analisadas no estudo. Houve efeito quadrático significativo ($P < 0,05$) da proteína digestível (PD) para as seguintes variáveis de desempenho produtivo: biomassa final, ganho de biomassa (Figura 1), conversão alimentar aparente (Figura 2) e peso final médio, sendo que os melhores níveis de PD foram: 26,93; 27,04; 27,37 e 26,81%, respectivamente (Tabela 2).

Observou-se efeito linear significativo ($P < 0,05$) de PD para a taxa de eficiência protéica, sendo que, o valor desta, foi inversamente proporcional ao da proteína. Houve interação significativa ($P < 0,05$) de PD e ED para rendimento de filé e índice hepatossomático. Observou-se, com o desdobramento, que o nível protéico não influenciou nessas variáveis em dietas contendo 3.000 kcal ED kg⁻¹. Para rendimento de filé, a dieta com 3.300 kcal ED kg⁻¹ apresentou efeito quadrático significativo com a inclusão de PD, sendo o maior valor obtido com 27,35%. Já para índice hepatossomático, na dieta com 3.300 kcal ED kg⁻¹ este apresentou efeito linear significativo inversamente proporcional ao nível protéico. Para essas mesmas variáveis, fixando-se o nível de 20% PD, observou-se diferença proporcionada pelos níveis energéticos, sendo que o menor nível resultou em maior rendimento de filé e menor índice hepatossomático (Tabela 3).

A composição bromatológica dos filés (umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral) não foi influenciada pelas dietas experimentais (Tabela 4).

Houve interação de PD e ED para umidade, proteína bruta e extrato etéreo da carcaça. Com o aumento da proteína dietética, a umidade elevou-se linearmente ($P < 0,05$) dentro do nível energético 3.000 kcal kg⁻¹. Em dietas contendo 3.300 kcal kg⁻¹, a umidade apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), sendo o valor máximo obtido com 27,58% de PD. Verificou-se aumento linear ($P < 0,05$) da proteína bruta da carcaça, de acordo com o acréscimo de PD da dieta, para o nível energético 3.300 kcal kg⁻¹. Dentro do nível energético 3.000 kcal kg⁻¹, a análise de regressão mostrou-se não significativa ($P > 0,05$), sendo a proteína bruta corpórea comparada por teste de média. Dessa forma, as dietas contendo 20, 23, 29 e 32% de PD proporcionaram proteína bruta corporal semelhantes e; a dieta com 26% de PD proporcionou o maior valor dessa variável, mas não diferiu das dietas contendo 23 ou 32% de PD (Tabela 5).

O teor de extrato etéreo da carcaça comportou-se de maneira distinta dentro de cada nível energético, apresentando equação quadrática negativa e positiva, para 3.000 e 3.300 kcal kg⁻¹, respectivamente. Para o nível energético 3.000 kcal de ED kg⁻¹ o maior valor de extrato etéreo corporal ocorreu com 25,09 de PD. Por outro lado, o menor valor dessa variável, dentro do nível energético 3.300 kcal kg⁻¹, ocorreu com 29,02% de PD. A matéria mineral corporal não foi influenciada pelas dietas experimentais (Tabela 5).

No estudo hematológico, pôde-se perceber que a quantidade de eritrócitos não foi alterada após o desafio por transporte, quando os animais receberam dietas contendo 3.300 kcal kg⁻¹. No entanto, com 3.000 kcal de ED kg⁻¹, as dietas 23, 29 e 32% de PD resultaram em diminuição do número de eritrócitos após desafio. Referente ao momento de avaliação, verificou-se que a hemoglobina elevou-se, após desafio, somente para os animais que consumiram a dieta com 32% de PD e 3.300 kcal de ED kg⁻¹. A taxa de hemoglobina foi também superior para os animais que receberam a dieta 32% de PD e 3.000 kcal ED kg⁻¹ em relação aos animais que receberam a mesma quantidade protéica, mas com 3.300 kcal ED kg⁻¹. O hematócrito não foi alterado pelas dietas experimentais, nem mesmo entre os momentos da avaliação (Tabela 6).

Analisando-se antes do desafio, pôde-se perceber que as dietas não influenciaram o volume corpuscular médio (VCM) e a concentração de hemoglobina corpuscular média (CHCM). No entanto, houve aumento dos valores de VCM, após o desafio, nos animais que receberam dietas contendo 20 ou 23% de PD, ambas com 3.000 kcal de ED kg⁻¹ e; nos animais que consumiram dietas com 23% de PD e 3.300 kcal de ED kg⁻¹. A CHCM também se elevou, após o desafio, nos animais que receberam dietas com 32% de PD, com ambos níveis energéticos. Após o desafio, verificou-se que a dieta contendo 23% de PD e 3.300 kcal de ED kg⁻¹ resultou em maior VCM, em relação aos animais que consumiram o mesmo nível protéico, mas com 3.000 kcal de ED kg⁻¹. O nível protéico influenciou o VCM de animais alimentados com dietas contendo 3.300 kcal ED kg⁻¹ após o desafio. Dessa forma, verificou-se que 26, 29 e 32% de PD proporcionaram valores intermediários de VCM, mas não diferiram do maior e menor valor dessa variável, nesse nível energético, obtido pela dieta 23 e 20% de PD, respectivamente. A CHCM, a exemplo do VCM, foi influenciada pelo nível protéico, dentro do nível energético 3.300 kcal de ED kg⁻¹, após o desafio. Verificou-se diferença para essa

variável entre os níveis protéicos 23 e 26% de PD, mas ambos não diferiram dos demais níveis de PD (Tabela 7).

Com a diferenciação de leucócitos verificou-se, após o estresse por transporte, linfocitopenia e neutrofilia. A percentagem de monócitos não foi alterada pelos níveis protéicos e energéticos das dietas experimentais. A porcentagem de linfócitos foi superior, após desafio, nos animais que receberam a dieta com 32% de PD e 3.300 kcal de ED kg⁻¹ em relação aos animais que receberam a mesma quantidade de PD, mas com 3.000 kcal de ED kg⁻¹ (Tabela 8).

Discussão

É necessário a ingestão regular de proteína ou aminoácido devido estes serem utilizados continuamente pelo peixe para crescimento e reprodução ou repor as proteínas para manutenção. O fornecimento insuficiente de proteína na dieta resulta na redução ou interrupção do crescimento e diminuição de peso devido à retirada de proteína de tecidos menos vitais (músculo) para manter as funções de tecidos mais vitais. Por outro lado, se a dieta for suplementada com níveis acima da exigência, somente parte desta será utilizada para fazer novas proteínas, e o restante será convertido em energia ou simplesmente eliminado (Halver 1989; Peres 2011).

Os efeitos quadráticos obtidos pelas análises de regressão dos níveis de proteína digestível, para a variável biomassa final (BF), ganho de biomassa (GB), conversão alimentar aparente (CAA) e peso final médio (PFM) comprovam os relatos acima, demonstrando que o déficit e o excesso de proteína prejudicaram o desempenho. Pesquisas verificaram melhoria de forma linear na CAA quando se elevou o teor de PB ou reduziu a relação ED/PB da dieta (El-Dahhar & Lovell 1995; Fernandes *et al.* 2000; Pezzato *et al.* 2000, Sampaio *et al.* 2000).

A concentração ótima de proteína em dietas para peixes está marcada pelo balanço entre a energia e a proteína. Uma dieta deficiente em energia resulta na redução da taxa de crescimento e de deposição protéica, uma vez que parte da proteína será utilizada como fonte energética (NRC 1993). Por outro lado, com alta relação energia/proteína haverá menor ingestão de proteína e de outros nutrientes essenciais, além de excessiva

deposição de gordura visceral, reduzindo o rendimento de carcaça e o prazo de validade do produto final (Cho 1992; Sá & Fracalossi 2002).

Meyer & Fracalossi (2004) relataram que os peixes têm capacidade de poupar proteína quando outras fontes de energia, tais como carboidratos e lipídeos, são adicionadas às dietas. De maneira semelhante, Wilson & Halver (1986) destacaram que a incorporação de fontes não protéicas, para o suprimento de energia da dieta, determina em eficiência de utilização da proteína e, conseqüentemente, melhor crescimento dos peixes. Os melhores resultados de desempenho produtivo nessa pesquisa foram proporcionados pelas dietas com relação energia digestível/proteína bruta próxima à apresentada pelo NRC (2011), como sendo de 103, verificada pelas dietas que continham, em média, 27% de PD (29% de proteína bruta) e 3.000 ou 3.300 kcal de ED kg^{-1} .

Destaca-se, que não houve efeito isolado de energia digestível para as variáveis de desempenho produtivo ou composição de filé e carcaça, corroborando com os resultados encontrados por Gonçalves *et al.* (2009). O rendimento de carcaça e o índice de gordura visceral, da mesma forma, não apresentaram diferenças decorrentes do nível energético, demonstrando que as quantidades energéticas avaliadas não foram altas suficientes para minimizar o consumo a ponto de apresentar prejuízos nesses índices, como relatado por Sá & Fracalossi (2002).

Com a diminuição do teor de proteína na dieta houve aumento da taxa de eficiência protéica (TEP). Esse fato demonstra que o aminoácido cristalino foi aproveitado de maneira eficiente e, que os carboidratos, presentes em maior quantidade nas dietas com baixos níveis protéicos foram capazes de poupar a proteína como fonte energética. Ainda, segundo Bomfim *et al.* (2008), a maior eficiência protéica com a redução do teor de proteína da ração pode ser atribuída à redução dos aminoácidos excedentes às exigências do animal que, provavelmente, não contribuiriam para a formação de tecido magro e seriam catabolizados. Essa pesquisa apresentou resultados semelhantes a alguns estudos, em que foi observada elevação da TEP quando se reduziu o teor de PB da dieta (El-Dahhar & Lovell 1995; Hernandez *et al.* 1995; Furuya *et al.* 1996; Fernandes *et al.* 2000; Furuya *et al.* 2000; Sá & Fracalossi 2002; Furuya *et al.* 2005; Botaro *et al.* 2007).

Segundo Schuhmacher *et al.* (1997), Zarate & Lovell (1997), Zarate *et al.* (1999), Aoki *et al.* (2001) e Bomfim *et al.* (2008), os aminoácidos cristalinos apresentam maiores velocidades de evacuação estomacal e absorção em relação aos aminoácidos presentes na proteína “íntacta”, o que pode resultar em elevação excessiva e precoce das concentrações plasmáticas desses nos sítios de síntese protéica, aumentando seu catabolismo e acarretando desequilíbrio no pool aminoacídico, tendo conseqüências na utilização dos demais aminoácidos. Apesar da maior inclusão de aminoácidos cristalinos nas dietas com menores níveis protéicos, essa quantidade não influenciou a TEP.

Houve diferenças para o rendimento de filé (RF) somente para o nível energético de 3.300 kcal de ED kg⁻¹, com o melhor rendimento, demonstrado pela equação quadrática, proporcionado com dieta contendo 27,35% de PD. Esses resultados contrariam os obtidos por Gonçalves *et al.* (2009), em que os maiores níveis de PD proporcionaram maiores valores de rendimento de filé, independente do nível de energia. A maior relação ED/PD obtida pela dieta com 20% de PD e 3.300 kcal de ED kg⁻¹ pode ter sido responsável pelo menor RF proporcionado por esta, em relação ao obtido com a dieta 20% de PD e 3.000 kcal de ED kg⁻¹. Segundo Page & Andrews (1973), o excesso de energia não-proteica, como resultado da formulação com alta relação ED/PB, pode inibir a ingestão voluntária antes do consumo suficiente da dieta e principalmente dos aminoácidos, que podem ter sido insuficientes para garantir a síntese protéica em animais que consumiram a dieta com 20% de PD e 3.300 kcal de ED kg⁻¹.

Diversos estudos relacionam o índice hepatosomático (IHS) e a gordura visceral como maneira de quantificar o estoque energético (lipídeos e glicogênio) (Nematipour *et al.* 1992; Bidinotto *et al.* 1997). O aumento do IHS, linearmente com a diminuição do nível de PD em dietas com 3.300 kcal kg⁻¹, pode ser devido à maior quantidade de carboidratos dessas dietas, além da maior quantidade energética, repercutindo possivelmente, em maior tamanho do fígado devido às maiores concentrações de extrato etéreo nesse órgão.

Destaca-se que os resultados de fornecimento (consumo) de ração apresentados foram reflexos do ganho de peso mensurado nas biometrias, já que a quantidade de ração fornecida aos animais foi 2% da biomassa, para todos os tratamentos e período experimental. O baixo fornecimento e conseqüente consumo das dietas com 20% de PD

foi decorrente do menor peso dos animais nas biometrias parciais, que pode ser atribuído a maior relação ED/PD da pesquisa, com ambos os níveis energéticos, conforme elucidado. Em relação às dietas com 32% de PD e 3.300 kcal de ED kg⁻¹, atribui-se o baixo fornecimento dessa dieta em decorrência da alta densidade da mesma após o processamento, ocasionando menor flutuabilidade (40%). Dessa forma, parte da ração era desperdiçada, possivelmente sendo a causa do menor peso dos peixes às biometrias, com reflexo direto na quantidade de ração ofertada aos animais. Ressalta-se que as demais dietas apresentaram flutuabilidade variando de 96 a 100%.

Segundo Santos *et al.* (2001), as características de composição química da carne de peixes ainda não são de grande interesse, no entanto, a obtenção desses dados é importante nos processos de conservação e elaboração do produto. Burkert *et al.* (2008) destacaram que a composição química da carne é influenciada por muitos fatores, bióticos e abióticos e que, entre esses fatores, a ração é muito importante, pois, quando formulada adequadamente, permite maior eficiência no uso de seus nutrientes tornando a composição química do corpo e da carne de peixes mais apropriada para conservação e para o consumo humano. As dietas, na presente pesquisa, não refletiram em diferenças na composição de proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral, bem como a quantidade de água dos filés. Os valores obtidos foram semelhantes aos encontrados por Robinson & Li (1997), Santos *et al.* (2001) e Burkert *et al.* (2008).

Algumas pesquisas demonstraram que dietas com maior relação energia/proteína têm determinado maior concentração de lipídeos e menor concentração de proteínas e umidade corporais, indicando que os peixes utilizaram a energia adicional para deposição de gordura (Fernandes *et al.* 2000; Sampaio *et al.* 2000; Sá & Fracalossi 2002; Bomfim *et al.* 2005).

O conteúdo de umidade da carcaça dos animais foi influenciado pelos níveis de proteína e energia digestíveis das dietas, discordando de Duan *et al.* (2001), Furuya *et al.* (2000) e Meyer & Fracalossi (2004). Na presente pesquisa o nível de energia da dieta, isoladamente, não influenciou as variáveis de composição da carcaça analisadas. Com dietas contendo 3.300 kcal de ED kg⁻¹, de acordo com o aumento dos níveis de proteína, elevou-se o teor de proteína da carcaça, corroborando com Meyer & Fracalossi (2004) e, reforçando a hipótese de que a proteína, com o nível mais alto de energia, tenha sido utilizada mais eficientemente para deposição protéica.

Os altos desvios-padrão do extrato etéreo corporal foi resultado das diferenças individuais dos animais para essa variável, demonstrando que, mesmo em animais com pesos finais semelhantes e consumindo a mesma dieta, havia diferenças quanto a deposição de gordura. Yamamoto *et al.* (2005), encontraram menor teor de gordura corporal em peixes alimentados com a ração de maior nível protéico (menor ED/PB), possivelmente, devido à maior quantidade de aminoácidos excedentes para o catabolismo, que pode resultar em maior incremento calórico e menor fração excedente de energia líquida para ser depositada como gordura corporal (Bureau *et al.* 2000; Dabrowski & Guderley 2002). Ainda, o maior nível energético nessa pesquisa não foi suficiente para corroborar com os relatos de Cho (1990) e De Silva *et al.* (2002) de que o excesso de energia pode causar deposição excessiva de gordura, demonstrado pelas similaridades no extrato etéreo corporal proporcionado pelos dois níveis energéticos avaliados.

Os parâmetros hematológicos podem ser importantes indicadores do impacto das dietas na saúde dos peixes. Esses fatores constituem-se em ferramentas para o conhecimento da dinâmica de utilização dos nutrientes (Houston, 1997). Segundo Modrá *et al.* (1998), a análise dos padrões sanguíneos fornece subsídios importantes para o auxílio diagnóstico e prognóstico de condições mórbidas em populações de peixes. No entanto, apesar da importância da hematologia ainda são escassas informações sobre os teleósteos (Tavares-Dias & Moraes 2004). Barros *et al.* (2009) afirmam que, além de nutrir o animal para máximo desempenho, é preciso nutrir seu sistema de defesa.

Os efeitos do estresse dependem da duração e severidade, bem como a frequência e número de exposições ao agente estressor. Segundo Schreck (2000), os peixes podem se adaptar ao estresse por meio de mudanças comportamentais e fisiológicas, dependendo da intensidade do mesmo. No entanto, para o restabelecimento da homeostase, há custo energético, que pode repercutir em efeitos deletérios ao desenvolvimento dos animais e resistência a doenças.

Verificou-se que, de maneira geral, as dietas contendo 3.300 kcal de ED kg⁻¹ permitiram que os valores do eritrograma não apresentassem diferenças significativas após o desafio por transporte. Exceção a isso ocorreu com a dieta com 23% de PD, para VCM, e com a dieta 32% de PD, para CHCM. O prejuízo na eritropoiese, verificado nos

animais que consumiram a maior parte das dietas que continham 3.000 kcal de ED kg⁻¹ após o transporte, resultou em liberação de células imaturas, verificado pelo aumento do VCM nas dietas com 20 e 23% de PD, demonstrando a busca pela homeostase.

O número de eritrócitos, hematócrito, hemoglobina e os índices hematimétricos VCM e CHCM obtidos na presente pesquisa corroboram os relatados por Hrubec & Smith (2010), para tilápias, sendo de 1,91 a 2,83 x 10⁶ µL⁻¹; 27,0 a 37%; 7,0 a 9,8 g dL⁻¹; 115 a 183 fL e 22,0 a 29,0%, respectivamente, os valores que indicariam hígidez, não caracterizando sintomas de subnutrição ou problemas relacionados ao excesso de nutriente. Destaca-se que os resultados acima listados foram obtidos em pesquisas conduzidas em laboratório. O eritrograma apresentado pelos animais, nesse trabalho, é similar ao encontrado por Teixeira *et al.* (2011) e Gonçalves *et al.* (2009), ambos com a mesma espécie, mas em condições laboratoriais.

Apesar da redução do número de eritrócitos após o transporte, proporcionada pelas dietas com 23, 26 e 29% de PD e com 3.000 kcal de ED kg⁻¹, os valores ainda permaneceram dentro de limites referenciais para a espécie. Como estas células contêm hemoglobina, cuja função é o transporte de O₂ e de parte de CO₂, qualquer deficiência em número ou forma dos eritrócitos poderia comprometer a oxigenação nos tecidos (Ranzini-Paiva & Silva-Souza 2004).

Entre as células da série branca ou leucocitária, os linfócitos são os mais frequentes em sangue periférico de inúmeras espécies de peixe (Ranzini-Paiva & Silva-Souza 2004). A liberação de catecolaminas e cortisol, quando os animais estão em situações de estresse, causa constrição esplênica, resultando em aumento do fluxo sanguíneo e migração dos leucócitos e, ainda, diminuição do número de células brancas totais e de linfócitos (Barton & Iwana 1991; McDonald & Milligan, 1992). Segundo Pickering & Pottinger (1985), a redução do número de linfócitos circulantes pode representar importante ligação entre a resposta ao estresse e o surgimento de doenças devido a elevação do nível plasmático de cortisol. Pickering (1986) relatou que a queda de linfócitos pode estar relacionada com a capacidade do peixe de se defender contra agentes patógenos. A queda da porcentagem de linfócitos com consequente aumento de neutrófilos e, constância da porcentagem de monócitos, foi semelhante aos resultados obtidos por Fernandes Junior *et al.* (2010), após o estresse por temperatura.

Recomenda-se a utilização de dieta com 27% de proteína digestível e 3.300 kcal de energia digestível/kg para a terminação (450 a 800 g) de tilápias do Nilo criadas em tanques-rede.

Referências

- Al Hafedh, Y.S. (1999). Effects of dietary protein on growth and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. *Aquaculture Research* **30**, 385-393.
- Aoki, H., Akimoto, A. & Watanabe, T. (2001) Periodical changes of plasma free amino acid levels and feed digesta in yellowtail after feeding non-fish meal diets with or without supplemental crystalline amino acids. *Fisheries Science*, **67**, 614-618.
- Association of Official Analytical Chemists – AOAC (2000). *Methods of Analysis*, 14th ed. Washington.
- Barros, M.M., Ranzani-Paiva, M.J.T., Pezzato, L.E., Falcon, D.R. & Guimarães, I.G. (2009) Haematological response and growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed diets containing folic acid. *Aquaculture Research*, **40**, 895-903.
- Barton, B.A. & Iwama, G.K. (1991) Physiological changes in fish from stress in aquaculture with emphasis on the response and effects of cortivosteroids. *Annual Review of Fish Diseases*, **1**, 3-26.
- Bicudo, A.J.A., Sado, R.Y., Cyrino, J.E.P. (2010). Growth performance and body composition of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg 1887) in response to dietary protein and energy levels. *Aquaculture Nutrition*, **16**, 213-222.
- Bidinotto, P.M., Souza, R.H.S. & Moraes, G. (1997) Hepatic glycogen in eight tropical freshwater teleost fish: Procedure for field determinations of microsamples. *Boletim técnico do CEPTA*, **10**, 53-60.
- Bomfim, M.A.D., Lanna, E.A.T., Donzele, J.L., Abreu, M.L.T., Ribeiro, F.B. & Quadros, M. (2008) Redução de proteína bruta com suplementação de aminoácidos, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-Nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **37**, 10, 1713-1720.
- Bomfim, M.A.D., Lanna, E.A.T., Serafini, M.A., Ribeiro, F.B. & Pena, K.S (2005) Proteína Bruta e Energia Digestível em Dietas para Alevinos de Curimatá (*Prochilodus affinis*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **34**, 6, 1795-1806.
- Botaro, D., Furuya, W.M., Silva, L.C.R., Santos, L.D., Silva, T.S.C. & Santos, V.G. (2007) Redução da proteína da dieta com base no conceito de proteína ideal para tilápias-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) criadas em tanques-rede. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **36**, 3, 517-525.

- Boyd, C.E. (1990) Water quality in ponds for aquaculture. Auburn: University. 482.
- Bureau, B.P.; Azevedo, P.A.; Tapia-Salazar, M. & Cuzon, G. (2000) Pattern and cost of growth and nutrient deposition in fish and shrimp: Potential implications and applications. In: Avances en Nutrición Acuícola, 5., Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, 5, Mérida, Yucatán, Mexico. **Memorias...** Mérida: 2000. (CD-ROM).
- Burkert, D., Andrade, D.R., Sirol, R.N., Salaro, A.L., Rasguido, J.E.A. & Quirino, C.R. (2008) Rendimentos do processamento e composição química de filés de surubim cultivado em tanques-rede. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **37**, 7, 1137-1143.
- Cho, C.Y. (1992) Feeding for rainbow trout and other salmonids, with reference to current estimates of energy and protein requirement. *Aquaculture*, **100**, 107-123.
- Cho, C.Y. (1990) Fish Nutrition, Feeds, and Feeding: With Special Emphasis on Salmonid Aquaculture. *Food Reviews International*, **6**, 3, 333-357.
- Collier, H.B. (1944) The standardization of blood haemoglobin determinations. *Canadian Medical Assistance Journal*, **50**, 550-552.
- Dabrowski, K. & Guderley, H. (2002) Intermediary metabolism. In: Halver, J.E. & Hardy, R.W. (Eds.) **Fish nutrition**. 3.ed. Washington, D.C.: Academic Press, 309-365.
- De Silva, S.S., Gunasekera, R.M., Collins, R.A. & Ingram, B.A. (2002) Performance of juvenile Murray cod, *Maccullochella peelii peelii* (Mitchell), fed with diets of different protein to energy ratios. *Aquaculture Nutrition*, **8**, 79-85.
- Duan, Q., Mai, K., Zhong, H., Si, L. & Wang, X. (2001) Studies on the nutrition of the large yellow croaker, *Pseudosciaena crocea* R: 1. Growth response to graded levels of dietary protein and lipid. *Aquaculture Research* **32**, 46-52.
- El-Dahhar, A.A. & Lovell, R.T. (1995) Effect of protein to energy ratio in purified diets on growth performance, feed utilization and body composition of mossambique tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture Research*, **26**, 451-457.
- El-Saidy, D.M.S.D. & Gaber, M.M.A. (2005) Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. *Aquaculture Research*, **36**, 163-171.

- El-Sayed, A.-F.M. & Teshima, S.-I. (1992) Protein and energy requirements of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. *Aquaculture*, **103**, 55-63.
- Fernandes Junior, A.C., Pezzato, L.E., Guimaraes, I.G., Teixeira, C.P., Koch, J.F.A. & Barros, M.M. (2010) Resposta hemática da tilápia-do-Nilo alimentada com dietas suplementadas com níveis crescentes de colina e submetida a estímulo por baixa temperatura. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **39**, 1619-1625.
- Fernandes, J.B.K., Carneiro, D.J. & Sakomura, N.K. (2000) Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **29**, 3, 646-653.
- Fu, S.J., Xie, X.J., Zhang, W.B. & Cao, Z.D. (2001) The study on nutrition of *Silurus meridionalis*: III. The sparing effect of dietary lipid. *Acta Hydrobiologica Sinica*, **25**, 70-75.
- Furuya, W.M. (2010). Tabelas brasileiras para nutrição de tilápias. 100p.
- Furuya, W.M., Hayashi, C. & Furuya, V.R.B. (1996) Exigência de proteína para machos revertidos de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.), na fase juvenil. *Revista Unimar*, **18**, 2, 307-319.
- Furuya, W.M., Botaro, D., Macedo, R.M.G., Santos, V.G., Silva, L.C.R., Silva, T.C., Furuya, V.R.B. & Sales, P.J.P. (2005) Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **34**, 5, 1433-1441.
- Furuya, W.M., Hayashi, C. Furuya, V.R.B. & Soares, C.M. (2000) Exigência de proteína para alevino revertido de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **29**, 6, 1912-1917.
- Furuya, W.M., Pezzato, L.E., Pezzato, A.C., Barros, M.M. & Miranda, E.C. (2001) Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **30**, 4, 1125-1131.
- Goldenfard, P.B., Bowyer, F.P., Hall, E., Brosius, E. (1971) Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *American Journal of Clinical Pathology*, **56**, 1, 35-39.
- Gonçalves, G.S., Pezzato, L.E., Barros, M.M., Hisano, H. & Rosa, M.J.S. (2009) Níveis de proteína digestível e energia digestível em dietas para tilápias-do-Nilo formuladas

- com base no conceito de proteína ideal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, **38**, 2289-2298.
- Halver, E.J. (1989) *Fish Nutrition*. Academic Press, Incorporation, San Diego.
- Hernandez, M., Takeuchi, T. & Watanabe, T. (1995) Effect of dietary energy sources on the utilization of protein by *Colossoma macropomum* fingerlings. *Fisheries Science*, **61**, 3, 507-511.
- Houston, A.H. (1997) Review: are the classical hematological variables acceptable indicators of fish health? *Transactions of the American Fisheries Society*, **126**, 879-894.
- Hrubec, T.C.; Smith, S.A. (2010) Hematology of fish. In: FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. (Eds) Schalm's veterinary hematology. Philadelphia: Edgarder Blücher, 1120-1125.
- Lee, S.-M. & Kim, K.-D. (2005) Effect of various levels of lipid exchanged with dextrin at different protein level in diet on growth and body composition of juvenile flounder *Paralichthys olivaceus*. *Aquaculture Nutrition*, **11**, 435-442.
- LeGrow, S.M. & Beamish, F.W.H. (1986) Influence of dietary protein and lipid on apparent heat increment of rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, **43**, 19-25.
- Lovell, R.T. (1979) Factors affecting voluntary food consumption by channel catfish. Proceedings World Symposium on Finfish Nutrition. *Fish Feed Technology*, **1**, 555-564.
- McDonald, D.G. & Milligan, C.L. (1992). Chemical properties of the blood. In: Hoar, W.S., Randall, D.J. *Fish Physiology*. London: Academic Press, 12A, 55-133.
- Meyer, G. & Fracalossi, D.M. (2004) Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. *Aquaculture*, **240**, 331-343.
- Millward, D.J. (1989) The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover. *Aquaculture*, **79**, 1-58.
- Modrá, H., Svobodová, Z. & Kolářová, J. (1998) Comparison of differential leukocyte counts in fish of economic and indicator importance. *Acta Veterinaria Brno*, **67**, 4, 215-226.

- Morais, S., Bell, J.G., Robertson, D.A., Roy, W.J. & Morris, P.C. (2001) Protein/lipid ratios in extruded diets for Atlantic cod (*Gadus morhua* L): effects on growth, feed utilization, muscle composition and liver histology. *Aquaculture*, **203**, 101–119.
- National Research Council – NRC (2011). Nutrient requirements of fish and shrimp. Washington, D.C. National Academic Press.: 376p.
- National Research Council – NRC (1993) Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: *nutrient requirements of domestic animals*. Washington, D.C. National Academic Press.: 114p.
- Nematipour, R.G., Brown, M.L. & Gatlin, D.M. III (1992a). Effects of dietary energy:protein ratio on growth characteristics and body composition of hybrid striped bass, *Morone chrysops* x *Morone saxatilis*. *Aquaculture*, **107**, 359-368.
- Ono, E. A. & Kubitza, F. (2003) Cultivo de peixes em tanques-rede. 3ª Ed. Jundiaí: Eduardo A. Ono, 112p.
- Page, J.W. & Andrews, J.W. (1973) Interaction of dietary levels of protein and energy on Channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Journal Nutrition*, **103**, 1339-1346.
- Peres, H. (2011) Protein and amino acid nutrition of marine fish species. In: Anais 4º Simpósio Internacional de Nutrição e Saúde de Peixes, ISSN: 2176-4077, 23 a 25 novembro, 87-114.
- Pezzato, L.E., Barros, M.M., Pezzato, A.C., Miranda, E.C., Quintero, P.L.G. & Furuya, W.M. (2000) Relación energía:proteína en la nutrición de alevinos de piauçú (*Leporinus macrocephalus*). *Revista de Medicina Veterinária y Zootecnia*, **47**, 2-7.
- Pickering, A.D. (1986) Changes in blood cell composition of the brow trout, *Salmo trutta* L. during the spawning season. *Journal of Fish Biology*, **29**, 335-347.
- Pickering, A.D. & Pottinger, T.G. (1985) Cortisol can increase the susceptibility of brown trout, *Salmo trutta*, to disease without reducing the white blood cell count. *Journal of Fish Biology*, **27**, 611-619.
- Pirozzi, I., Booth, M.A., & Allan, G.L. (2010). The interactive effects of dietary protein and energy on feed intake and protein utilization of juvenile mulloway (*Argyrosomus japonicus*). *Aquaculture Nutrition*, **16**, 61-71.

- Ranzini Paiva, M.J.T. & Silva Souza, A.T. (2004) Hematologia de peixes brasileiros. In: Ranzini Paiva, M.J.T., Takemoto, R.M. & Lizama, M. Sanidade de organismos aquáticos. São Paulo: Varela, 89-120.
- Robinson, E.H. & Li, M.H. (1997) Low protein diets for channel catfish *Ictalurus punctatus* raised in earthen ponds at high density. *Journal of World Aquaculture Society*, **28**, 3, 224-229.
- Sá, M.V.C. & Fracalossi, D.M. (2002) Exigência protéica e relação energia/proteína para alevinos de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, **31**, 1, 1-10.
- Sampaio, A.M.B., Kubitza, F. & Cyrino, J.E.P. (2000) Relação energia:proteína na nutrição do tucunaré. *Scientia Agrícola*, **57**, 2, 213-219.
- Santos, A.B.; Melo, J.F.B.; Lopes, P.R.S. & Malgarin, M.B. (2001) Composição química e rendimento do filé da traíra (*Hoplias malabaricus*) *Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia*, **7/8**, 1, 33-39.
- SAS (2004) SAS Institute, Inc. **SAS/STAT 9.1 User's Guide**. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Schreck, C.B. (2000) Accumulation and long term affects of stress in fish. In: The Biology of Animal Stress. Ed. Moberg, G.P. e Mench, J.A. CAB International, Wallingford, 147-158.
- Schuhmacher, A., Wax, C. & Gropp, J.M. (1997) Plasma amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed intact protein or a crystalline amino acid diet. *Aquaculture*, **151**, 15-28.
- Tavares-Dias, M. & Moraes, F.R. (2004) Hematologia de peixes teleósteos. Ribeirão Preto, USP, p.144.
- Teixeira, C.P., Barros, M.M., Pezzato, L.E., Fernandes Junior, A.C., Koch, J.F.A. & Padovani, C.R. (2011) Growth performance of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fed diets containing levels of pyridoxine and haematological response under heat stress. *Aquaculture Research*, **43**, 1-8.
- Wilson, R.P. & Halver, J.E. (1986) Protein and amino acid requirements of fishes. *Annual Review of Nutrition*, **6**, 225-244.

- Winfree, R.A. & Stickney, R.R. (1981) Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. *Journal of Nutrition*, **111**, 1001–1012.
- Wintrobe, M.M. (1934) Variations in the size and hemoglobin content of erythrocytes in the blood of various vertebrates. *Folia Haematologica*, Leipzig, v.51, p. 32-49.
- Yamamoto, T., Sugita, T. & Furuita, H. (2005) Essential amino acid supplementation to fish meal-based diets with low protein to energy ratios improves the protein utilization in juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, **246**, 379-391.
- Yuan, Y.C., Gong, S.Y., Luo, Z., Yang, H.J., Zhang, G.B. & Chu, Z.J. (2010) Effects of dietary protein to energy ratios on growth and body composition of juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. *Aquaculture Nutrition*, **16**, 205-212.
- Zar, J.H. (1999) Biostatistical analysis. 4.ed. New Jersey: Prentice Hall, 663p.
- Zarate, D.D.; Lovell, R.T. (1997) Free lysine (L-lysine HCl) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, **159**, 87-100.
- Zarate, D.D., Lovell, R.T. & Payne, M. (1999) Effects of feeding frequency and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture Nutrition*, **5**, 17-22.

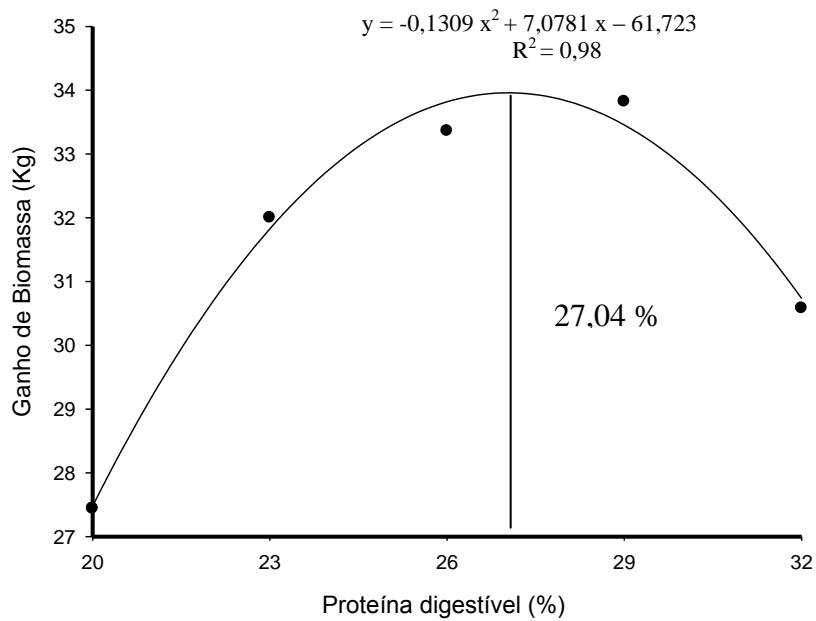


Figura 1. Ganho de biomassa médio por tanque-rede de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo níveis de proteína digestível, independente do nível energético.

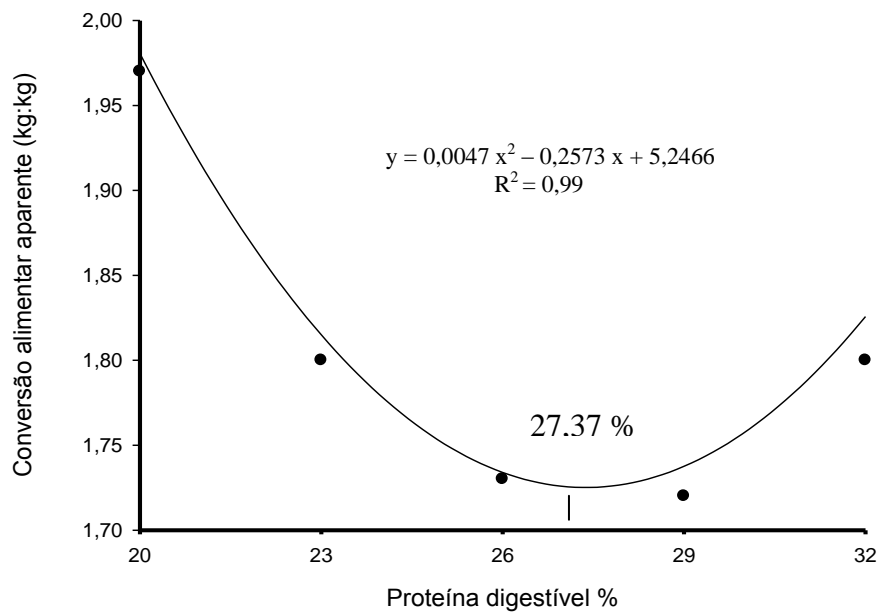


Figura 2. Conversão alimentar aparente de tilápias-do-Nilo alimentadas com dietas contendo níveis de proteína digestível, independente do nível energético

Tabela 1. Composição percentual e químico-bromatológica calculada das dietas experimentais (base na matéria natural)

| Ingredientes | Tratamento | | | | | | | | | |
|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | 20%PD | 20%PD | 23%PD | 23%PD | 26%PD | 26%PD | 29%PD | 29%PD | 32%PD | 32%PD |
| | 3000 kcal kg ⁻¹ | 3300 kcal kg ⁻¹ | 3000 kcal kg ⁻¹ | 3300 kcal kg ⁻¹ | 3000 kcal kg ⁻¹ | 3300 kcal kg ⁻¹ | 3000 kcal kg ⁻¹ | 3300 kcal kg ⁻¹ | 3000 kcal kg ⁻¹ | 3300 kcal kg ⁻¹ |
| Farelo de soja | 21,00 | 22,10 | 30,98 | 32,13 | 41,00 | 42,15 | 50,92 | 52,18 | 60,90 | 62,20 |
| Farelo de trigo | 19,80 | 9,69 | 17,55 | 7,52 | 15,30 | 5,35 | 13,05 | 3,17 | 10,80 | 1,00 |
| Far. carne e ossos | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| Far. vísceras aves | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Milho | 44,82 | 50,66 | 37,61 | 43,12 | 30,40 | 35,57 | 23,20 | 28,03 | 15,99 | 20,49 |
| L-lisina | 0,71 | 0,76 | 0,53 | 0,57 | 0,40 | 0,38 | 0,18 | 0,19 | ----- | ----- |
| DL-metionina | 0,45 | 0,41 | 0,36 | 0,33 | 0,30 | 0,25 | 0,17 | 0,16 | 0,08 | 0,08 |
| L-Triptofano | 0,06 | 0,09 | 0,05 | 0,07 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | ----- | ----- |
| L-Treonina | 0,40 | 0,46 | 0,30 | 0,35 | 0,20 | 0,23 | 0,10 | 0,12 | ----- | ----- |
| Óleo de soja | 0,53 | 3,60 | 0,40 | 3,70 | 0,27 | 3,80 | 0,13 | 3,90 | ----- | 4,00 |
| Vitamina C ² | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Sal | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Premix Vit-Min ¹ | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| Fylox [®] (0,1%) ³ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Banox [®] (0,03%) ⁴ | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| NUTRIENTES | | | | | | | | | | |
| Energia | 2996,60 | 3299,01 | 3035,06 | 3301,11 | 3016,16 | 3300,78 | 3035,54 | 3306,77 | 3045,57 | 3299,12 |
| Dig.(kcal kg ⁻¹) | | | | | | | | | | |
| Proteína | 19,99 | 19,99 | 23,00 | 23,01 | 26,00 | 26,00 | 29,00 | 29,00 | 32,37 | 32,00 |
| Dig.(%) | | | | | | | | | | |
| Fibra Bruta (%) | 3,82 | 3,01 | 4,52 | 3,72 | 4,92 | 3,81 | 4,73 | 3,89 | 4,61 | 3,82 |
| Extrato Etéreo (%) | 4,52 | 6,76 | 3,42 | 8,50 | 3,39 | 7,27 | 3,23 | 7,25 | 3,09 | 6,83 |
| Ca total (%) | 0,88 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,92 | 0,91 | 0,94 | 0,93 | 0,95 | 0,95 |
| P disp.(%) | 0,54 | 0,53 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,55 | 0,57 | 0,56 | 0,58 | 0,56 |
| Metionina (%) | 0,75 | 0,66 | 0,58 | 0,58 | 0,54 | 0,55 | 0,54 | 0,54 | 0,55 | 0,54 |
| AA's sulfurados (%) | 0,91 | 0,91 | 0,90 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,95 | 0,95 | 1,00 | 0,98 |
| Lisina (%) | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,67 | 1,67 | 1,90 | 1,89 |
| Triptofano (%) | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,31 | 0,31 | 0,36 | 0,36 | 0,41 | 0,40 |
| Treonina (%) | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,17 | 1,16 |
| ED/PB | 141,88 | 159,68 | 122,83 | 133,27 | 105,90 | 116,75 | 95,22 | 104,08 | 85,89 | 94,48 |
| ED/PD | 149,87 | 165,05 | 131,94 | 143,48 | 116,02 | 126,98 | 104,69 | 114,03 | 94,09 | 103,11 |
| Amido (%) | 36,88 | 37,40 | 31,99 | 29,46 | 27,15 | 27,53 | 24,47 | 23,82 | 20,96 | 20,85 |
| Proteína bruta analisada (%) | 22,32 | 21,47 | 23,77 | 24,70 | 28,63 | 28,48 | 32,75 | 29,56 | 34,70 | 33,21 |

¹ Premix Vitamínico-Mineral (Composição por kg do produto): vit. A = 1.200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ácido fólico = 1.200 mg; pantotenato de cálcio = 12.000 mg; vit. C = 48.000 mg; biotina = 48 mg; colina = 65.000 mg; niacina = 24.000 mg; ferro = 10.000 mg; cobre = 600 mg; manganês = 4.000 mg; iodo = 20 mg; cobalto = 2 mg e selênio = 20 mg.

² Vitamina C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 35% de princípio ativo

³ Antifúngico

⁴ Antioxidante

Tabela 2 – Média ± desvio padrão da biomassa inicial, peso médio inicial, biomassa final, ganho de biomassa, conversão alimentar aparente, peso final médio e sobrevivência de tilápias-do-Nilo arraçoadas por 60 dias com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis

| ENERGIA (kcal kg ⁻¹) | DIGESTÍVEL | PROTEÍNA DIGESTÍVEL (%) | BIOMASSA INICIAL (kg) | PESO MÉDIO INICIAL (g) | BIOMASSA FINAL (kg) | GANHO DE BIOMASSA (kg) | CONVERSÃO ALIMENTAR APARENTE (kg:kg) | PESO FINAL MÉDIO (g) | SOBREVIVÊNCIA (%) |
|-------------------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|--|-------------------------|----------------------|
| 3.000 | 20 | 45,86 ± 1,43 | 459,0 ± 14,0 | 73,48 ± 4,05 | 27,62 ± 2,88 | 1,94 ± 0,18 | 729,0 ± 30,0 | 99,41 ± 1,31 | |
| | 23 | 45,86 ± 1,27 | 458,0 ± 13,0 | 76,59 ± 3,29 | 30,73 ± 2,12 | 1,85 ± 0,12 | 769,0 ± 24,0 | 99,41 ± 0,87 | |
| | 26 | 44,20 ± 1,73 | 442,0 ± 17,0 | 77,14 ± 1,94 | 32,94 ± 1,91 | 1,75 ± 0,10 | 778,0 ± 22,0 | 99,41 ± 0,88 | |
| | 29 | 44,90 ± 2,07 | 449,0 ± 21,0 | 78,45 ± 4,28 | 33,55 ± 3,46 | 1,71 ± 0,17 | 786,0 ± 39,0 | 99,22 ± 1,74 | |
| | 32 | 44,74 ± 1,57 | 447,0 ± 16,0 | 76,78 ± 2,20 | 32,04 ± 2,30 | 1,73 ± 0,12 | 776,0 ± 22,0 | 99,61 ± 0,54 | |
| 3.300 | 20 | 45,27 ± 1,38 | 453,0 ± 14,0 | 72,54 ± 2,75 | 27,27 ± 1,80 | 2,01 ± 0,13 | 725,0 ± 23,0 | 100,00 ± 0,00 | |
| | 23 | 44,98 ± 1,57 | 450,0 ± 16,0 | 78,26 ± 2,19 | 33,28 ± 1,23 | 1,74 ± 0,07 | 796,0 ± 25,0 | 99,61 ± 0,54 | |
| | 26 | 44,71 ± 1,27 | 447,0 ± 13,0 | 78,49 ± 2,21 | 33,58 ± 2,89 | 1,70 ± 0,13 | 791,0 ± 18,0 | 99,23 ± 1,72 | |
| | 29 | 45,22 ± 1,59 | 452,0 ± 16,0 | 79,30 ± 4,95 | 34,09 ± 4,86 | 1,72 ± 0,25 | 794,0 ± 46,0 | 99,20 ± 0,84 | |
| | 32 | 45,22 ± 2,20 | 452,0 ± 20,0 | 74,33 ± 3,00 | 29,11 ± 2,22 | 1,88 ± 0,14 | 742,0 ± 33,0 | 99,80 ± 0,44 | |
| FATORES ISOLADOS | | | | | | | | | |
| 3.000 | | 45,11 ± 1,64 | 451,0 ± 10,0 | 76,49 ± 3,44 | 31,37 ± 3,20 | 1,80 ± 0,16 | 767 ± 0,03 | 99,41 ± 1,05 | |
| | 3.300 | 45,08 ± 1,46 | 451,0 ± 10,0 | 76,58 ± 3,98 | 31,50 ± 3,87 | 1,81 ± 0,18 | 770 ± 0,041 | 99,57 ± 0,89 | |
| PD | 20 | 45,57 ± 1,36 | 456,0 ± 10,0 | 73,01 ± 3,30 | 27,44 ± 2,27 | 1,97 ± 0,15 | 727 ± 0,02 | 99,71 ± 0,93 | |
| | 23 | 45,42 ± 1,42 | 454,0 ± 10,0 | 77,42 ± 2,78 | 32,00 ± 2,11 | 1,80 ± 0,11 | 782 ± 0,03 | 99,51 ± 0,69 | |
| | 26 | 44,46 ± 1,45 | 444,0 ± 10,0 | 77,81 ± 2,09 | 33,36 ± 2,35 | 1,73 ± 0,11 | 784 ± 0,02 | 99,32 ± 1,29 | |
| | 29 | 45,06 ± 1,75 | 450,0 ± 20,0 | 78,88 ± 4,38 | 33,82 ± 3,99 | 1,72 ± 0,20 | 790 ± 0,04 | 99,21 ± 1,28 | |
| | 32 | 44,98 ± 1,72 | 450,0 ± 20,0 | 75,55 ± 2,80 | 30,58 ± 2,63 | 1,80 ± 0,14 | 759 ± 0,03 | 99,70 ± 0,47 | |
| ED | ns | ns | ns | 0,002 | <0,0001 | 0,003 | <0,0001 | ns | |
| PD X ED | ns | ns | ns | Ns | ns | ns | ns | ns | |
| CV (%) | 3,58 | 3,58 | 4,23 | 8,73 | 8,32 | 3,83 | 1,04 | | |

Equações de regressão: Biomassa final: $y = -0,1175 x^2 + 6,3292 x - 6,4652$ ($R^2 = 0,94$) Ponto de inflexão: 26,93
 Ganho de biomassa: $y = -0,1309 x^2 + 7,0781 x - 61,723$ ($R^2 = 0,98$) Ponto de inflexão: 27,04
 Conversão alimentar aparente: $y = 0,0047 x^2 - 0,2573 x + 5,2466$ ($R^2 = 0,99$) Ponto de inflexão: 27,37
 Peso final médio: $-0,00135 x^2 + 0,07241 x - 0,17942$ ($R^2 = 0,95$) Ponto de inflexão: 26,81

Tabela 3 – Média ± desvio padrão da taxa de eficiência protéica, rendimentos de filé e de carcaça e, índices hepatossomático e de gordura visceral de tilápia-do-Nilo arraçoadas por 60 dias com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis

| ENERGIA DIGESTÍVEL (kcal kg ⁻¹) | PROTEÍNA DIGESTÍVEL (%) | TAXA DE EFICIÊNCIA PROTÉICA (kg/kg) | RENDIMENTO DE FILÉ (%) | RENDIMENTO DE CARCAÇA (%) | ÍNDICE HEPATOSSOMÁTICO (%) | ÍNDICE DE GORDURA VISCERAL (%) |
|--|----------------------------|---|----------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| 3.000 | 20 | 2,33 ± 0,24 | 34,63 ± 0,62 ^{αα} | 89,28 ± 1,03 | 1,40 ± 0,40 ^{αβ} | 5,11 ± 0,13 |
| | 23 | 2,28 ± 0,16 | 34,04 ± 0,65 ^a | 88,26 ± 2,20 | 2,06 ± 0,60 ^a | 6,22 ± 1,81 |
| | 26 | 2,00 ± 0,12 | 34,93 ± 0,50 ^a | 89,84 ± 0,82 | 1,56 ± 0,12 ^a | 4,68 ± 0,60 |
| | 29 | 1,80 ± 0,19 | 34,61 ± 0,33 ^a | 89,85 ± 1,36 | 1,42 ± 0,49 ^a | 4,54 ± 0,95 |
| | 32 | 1,67 ± 0,12 | 34,80 ± 0,86 ^a | 90,80 ± 0,82 | 1,52 ± 0,30 ^a | 4,93 ± 1,47 |
| 3.300 | 20 | 2,33 ± 0,15 | 33,26 ± 0,44 ^β | 88,32 ± 1,41 | 2,69 ± 0,98 ^α | 4,96 ± 0,66 |
| | 23 | 2,12 ± 0,07 | 34,52 ± 0,27 | 88,26 ± 1,56 | 1,91 ± 0,35 | 6,19 ± 1,29 |
| | 26 | 2,07 ± 0,18 | 34,53 ± 0,41 | 88,47 ± 1,21 | 1,85 ± 0,45 | 5,90 ± 2,09 |
| | 29 | 2,00 ± 0,29 | 34,92 ± 0,84 | 89,17 ± 1,40 | 1,43 ± 0,38 | 4,20 ± 0,93 |
| | 32 | 1,61 ± 0,12 | 34,23 ± 0,59 | 89,38 ± 1,32 | 1,02 ± 0,41 | 4,25 ± 0,11 |
| FATORES ISOLADOS | | | | | | |
| 3.000 | | 2,02 ± 0,31 | 34,60 ± 0,64 | 89,62 ± 1,52 | 1,60 ± 0,46 | 5,07 ± 1,34 |
| | | 2,03 ± 0,29 | 34,29 ± 0,76 | 88,72 ± 1,35 | 1,78 ± 0,77 | 5,28 ± 1,49 |
| 3.300 | 20 | 2,33 ± 0,19 | 33,95 ± 0,88 | 88,75 ± 1,33 | 2,12 ± 1,01 | 5,03 ± 0,56 |
| | 23 | 2,20 ± 0,15 | 34,28 ± 0,53 | 88,26 ± 1,80 | 1,99 ± 0,47 | 6,20 ± 1,57 |
| | 26 | 2,04 ± 0,15 | 34,73 ± 0,48 | 89,15 ± 1,21 | 1,71 ± 0,35 | 5,35 ± 1,67 |
| | 29 | 1,90 ± 0,25 | 34,76 ± 0,62 | 89,51 ± 1,35 | 1,42 ± 0,42 | 4,41 ± 1,02 |
| | 32 | 1,64 ± 0,12 | 34,51 ± 0,76 | 90,09 ± 1,27 | 1,27 ± 0,43 | 4,64 ± 1,26 |
| PD | | <0,0001 | 0,0169 | ns | 0,005 | ns |
| ED | | ns | ns | ns | ns | ns |
| PD X ED | | ns | 0,0072 | ns | 0,006 | ns |
| CV (%) | | 8,61 | 1,69 | 1,55 | 29,77 | 26,48 |

Letras minúsculas: Comparação dos níveis de proteína dentro de cada nível de energia

Letras gregas: Comparação dos níveis de energia dentro de cada nível de proteína

Equações de regressão: Taxa de eficiência protéica: $-0,05576x + 3,47087$ ($R^2 = 0,66$)

Rendimento de filé (ED 3.300 kcal): $-0,02799x^2 + 1,53089x + 13,88284$ ($R^2 = 0,71$) Ponto de inflexão: 27,35

Índice hepatossomático (ED 3.300 kcal): $-0,12759x + 5,09859$ ($R^2 = 0,69$)

ns: não significativo

Tabela 4 - Porcentagem média \pm desvio padrão da umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral dos filés de tilápia-do-Nilo arraçoadas por 60 dias com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis (base na matéria natural)

| ENERGIA DIGESTÍVEL (kcal kg ⁻¹) | PROTEÍNA DIGESTÍVEL (%) | UMIDADE (%) | PROTEÍNA BRUTA (%) | EXTRATO ETÉREO (%) | MATÉRIA MINERAL (%) |
|--|-------------------------|------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 3.000 | 20 | 76,97 \pm 0,73 | 20,18 \pm 0,75 | 1,39 \pm 0,33 | 1,18 \pm 0,82 |
| | 23 | 76,27 \pm 0,98 | 20,53 \pm 0,90 | 1,62 \pm 0,64 | 1,18 \pm 0,05 |
| | 26 | 76,41 \pm 0,10 | 20,21 \pm 1,19 | 1,98 \pm 0,71 | 1,22 \pm 0,06 |
| | 29 | 76,68 \pm 1,21 | 20,85 \pm 0,59 | 1,25 \pm 0,98 | 1,18 \pm 0,04 |
| | 32 | 77,41 \pm 1,05 | 19,44 \pm 0,98 | 0,76 \pm 0,72 | 1,18 \pm 0,05 |
| 3.300 | 20 | 77,27 \pm 0,79 | 19,65 \pm 0,89 | 1,09 \pm 0,98 | 1,22 \pm 0,10 |
| | 23 | 77,19 \pm 0,78 | 20,46 \pm 0,13 | 1,23 \pm 0,40 | 1,14 \pm 0,04 |
| | 26 | 76,60 \pm 0,98 | 20,23 \pm 0,70 | 2,01 \pm 1,19 | 1,17 \pm 0,06 |
| | 29 | 77,22 \pm 0,62 | 19,91 \pm 0,42 | 0,98 \pm 0,45 | 1,16 \pm 0,08 |
| | 32 | 76,81 \pm 0,44 | 20,02 \pm 0,68 | 1,39 \pm 0,21 | 1,17 \pm 0,03 |
| FATORES ISOLADOS | | | | | |
| 3.000 | | 76,75 \pm 0,99 | 20,24 \pm 0,94 | 1,40 \pm 0,75 | 1,19 \pm 0,05 |
| 3.300 | | 77,02 \pm 0,71 | 20,06 \pm 0,62 | 1,34 \pm 0,76 | 1,17 \pm 0,06 |
| | 20 | 77,12 \pm 0,72 | 19,92 \pm 0,81 | 1,24 \pm 0,69 | 1,20 \pm 0,09 |
| | 23 | 76,73 \pm 0,96 | 20,49 \pm 0,59 | 1,43 \pm 0,54 | 1,16 \pm 0,04 |
| | 26 | 76,51 \pm 0,93 | 20,22 \pm 0,90 | 2,00 \pm 0,91 | 1,19 \pm 0,06 |
| | 29 | 76,95 \pm 0,94 | 20,38 \pm 0,69 | 1,12 \pm 0,72 | 1,17 \pm 0,06 |
| | 32 | 77,11 \pm 0,81 | 19,73 \pm 0,84 | 1,08 \pm 0,59 | 1,18 \pm 0,04 |
| PD | | ns | ns | ns | ns |
| ED | | ns | ns | ns | ns |
| PD X ED | | ns | ns | ns | ns |
| CV (%) | | 1,15 | 3,85 | 53,00 | 5,34 |

ns: não significativo

Tabela 5 – Porcentagem média ± desvio padrão da umidade, proteína bruta, extrato etéreo e matéria mineral da carcaça de tilápia-do-Nilo arraçoadas por 60 dias com dietas contendo níveis de proteína e energia digestíveis (base na matéria natural)

| ENERGIA DIGESTÍVEL (kcal kg ⁻¹) | PROTEÍNA DIGESTÍVEL (%) | UMIDADE (%) | PROTEÍNA BRUTA (%) | EXTRATO ETÉREO (%) | MATÉRIA MINERAL (%) |
|--|-------------------------|--------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 3.000 | 20 | 64,82 ± 4,28 | 15,41 ± 0,29a | 13,48 ± 3,42 | 2,82 ± 0,55 |
| | 23 | 65,36 ± 1,60 | 16,28 ± 0,70ac | 14,59 ± 2,39 | 2,80 ± 0,31 |
| | 26 | 65,74 ± 2,53 | 16,75 ± 0,77bc | 15,67 ± 2,02 | 2,76 ± 0,09 |
| | 29 | 64,65 ± 0,92 | 15,35 ± 0,35a | 15,16 ± 0,84 | 2,63 ± 0,08 |
| | 32 | 69,85 ± 0,64 | 16,18 ± 0,67ac | 10,25 ± 0,49 | 2,35 ± 0,10 |
| 3.300 | 20 | 63,65 ± 1,47 | 14,52 ± 0,43 | 19,18 ± 1,58 | 2,45 ± 0,34 |
| | 23 | 66,64 ± 2,22 | 15,96 ± 0,22 | 13,79 ± 1,18 | 2,49 ± 0,13 |
| | 26 | 65,38 ± 0,28 | 16,38 ± 0,18 | 15,19 ± 1,06 | 2,62 ± 0,67 |
| | 29 | 69,67 ± 0,20 | 15,59 ± 0,36 | 11,16 ± 0,24 | 2,67 ± 0,21 |
| | 32 | 65,46 ± 1,58 | 17,32 ± 0,91 | 13,41 ± 1,95 | 2,86 ± 0,11 |
| FATORES ISOLADOS | 3.000 | 66,09 ± 2,90 | 15,99 ± 0,76 | 13,83 ± 2,73 | 2,67 ± 0,31 |
| | | 66,16 ± 2,39 | 15,95 ± 1,04 | 14,55 ± 2,97 | 2,61 ± 0,35 |
| | 20 | 64,24 ± 3,03 | 14,96 ± 0,58 | 16,33 ± 3,92 | 2,63 ± 0,47 |
| | | 66,00 ± 1,92 | 16,12 ± 0,51 | 14,19 ± 1,80 | 2,64 ± 0,27 |
| | 26 | 65,56 ± 1,68 | 16,56 ± 0,55 | 15,43 ± 1,51 | 2,69 ± 0,45 |
| | | 67,16 ± 2,75 | 15,47 ± 0,35 | 13,16 ± 2,21 | 2,65 ± 0,15 |
| | 32 | 67,66 ± 2,60 | 16,75 ± 0,96 | 11,18 ± 2,14 | 2,61 ± 0,29 |
| | | 0,0124 | <0,0001 | 0,0001 | ns |
| | ED | ns | ns | ns | ns |
| | PD X ED | 0,0009 | 0,0104 | <0,0001 | ns |
| CV (%) | 2,96 | 3,41 | 12,47 | 12,28 | |

Letras minúsculas: Comparação dos níveis de proteína dentro de cada nível de energia

Equações de regressão: Umidade carcaça (3.000 kcal kg⁻¹): 0,31192x + 57,97767 (R² = 0,62)

Umidade carcaça (3.300 kcal kg⁻¹): -0,07026x² + 3,87550x + 14,15861 (R² = 0,71) Ponto de inflexão: 27,58

Proteína bruta (3.300 kcal kg⁻¹): 0,174x + 11,429 (R² = 0,64)

Extrato etéreo (3.000 kcal kg⁻¹): -0,10823x² + 5,43176x - 52,28122 (R² = 0,66) Ponto de inflexão: 25,09

Extrato etéreo (3.300 kcal kg⁻¹): 0,07821x² - 4,53914x + 78,2835 (R² = 0,69) Ponto de inflexão: 29,02

ns: não significativo

Tabela 6 - Desdobramento da interação de proteína e energia digestíveis (valores médios \pm desvio padrão) para número de eritrócitos, porcentagem de hematócrito e taxa de hemoglobina de tilápia-do-Nilo arraçoada durante 60 dias e submetidas a estresse por transporte

| Proteína Digestível (%) | Energia Digestível (kcal kg ⁻¹) | Eritrócito (10 ⁶ μ L ⁻¹) | | | | Hematócrito (%) | | | | Hemoglobina (g dL ⁻¹) | |
|-------------------------|---|---|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|------|
| | | Antes | | Após | | Antes | | Após | | Antes | Após |
| | | Momento da Avaliação | | | | | | Antes | | Após | |
| 20 | 3.000 | 2,28 \pm 0,34 aA α | 2,23 \pm 0,37 aA α | 2,23 \pm 0,37 aA α | 29,42 \pm 3,50 aA α | 34,92 \pm 6,44 aA α | 7,55 \pm 1,17 aA α | 7,88 \pm 0,82 aA α | 7,55 \pm 1,17 aA α | 7,88 \pm 0,82 aA α | |
| 23 | 3.000 | 2,46 \pm 0,34 aA β | 2,07 \pm 0,38 aA α | 31,29 \pm 5,13 aA α | 31,14 \pm 5,13 aA α | 8,22 \pm 0,49 aA α | 7,91 \pm 1,34 aA α | 8,22 \pm 0,49 aA α | 8,22 \pm 0,49 aA α | 7,91 \pm 1,34 aA α | |
| 26 | 3.000 | 2,06 \pm 0,19 aA α | 2,03 \pm 0,24 aA α | 30,93 \pm 1,67 aA α | 31,36 \pm 3,08 aA α | 7,92 \pm 0,60 aA α | 8,16 \pm 0,64 aA α | 7,92 \pm 0,60 aA α | 7,92 \pm 0,60 aA α | 8,16 \pm 0,64 aA α | |
| 29 | 3.000 | 2,28 \pm 0,24 aA β | 2,07 \pm 0,28 aA α | 32,07 \pm 4,94 aA α | 31,93 \pm 5,05 aA α | 8,10 \pm 0,57 aA α | 8,24 \pm 0,99 aA α | 8,10 \pm 0,57 aA α | 8,10 \pm 0,57 aA α | 8,24 \pm 0,99 aA α | |
| 32 | 3.000 | 2,33 \pm 0,34 aA β | 2,01 \pm 0,14 aA α | 32,93 \pm 3,34 aA α | 32,36 \pm 3,18 aA α | 8,12 \pm 0,71 aB α | 8,55 \pm 0,85 aA α | 8,12 \pm 0,71 aB α | 8,12 \pm 0,71 aB α | 8,55 \pm 0,85 aA α | |
| 20 | 3.300 | 2,11 \pm 0,44 aA α | 2,04 \pm 0,20 aA α | 30,57 \pm 5,33 aA α | 29,86 \pm 4,47 aA α | 7,39 \pm 1,13 aA α | 7,61 \pm 1,18 aA α | 7,39 \pm 1,13 aA α | 7,39 \pm 1,13 aA α | 7,61 \pm 1,18 aA α | |
| 23 | 3.300 | 2,26 \pm 0,23 aA α | 2,10 \pm 0,29 aA α | 31,58 \pm 4,16 aA α | 35,75 \pm 5,60 aA α | 8,09 \pm 0,95 aA α | 8,56 \pm 0,85 aA α | 8,09 \pm 0,95 aA α | 8,09 \pm 0,95 aA α | 8,56 \pm 0,85 aA α | |
| 26 | 3.300 | 2,11 \pm 0,19 aA α | 1,98 \pm 0,30 aA α | 31,20 \pm 2,05 aA α | 29,60 \pm 3,40 aA α | 7,79 \pm 0,75 aA α | 8,21 \pm 0,57 aA α | 7,79 \pm 0,75 aA α | 7,79 \pm 0,75 aA α | 8,21 \pm 0,57 aA α | |
| 29 | 3.300 | 2,02 \pm 0,31 aA α | 1,97 \pm 0,23 aA α | 30,00 \pm 4,42 aA α | 30,86 \pm 5,15 aA α | 7,23 \pm 0,80 aA α | 8,11 \pm 0,95 aA α | 7,23 \pm 0,80 aA α | 7,23 \pm 0,80 aA α | 8,11 \pm 0,95 aA α | |
| 32 | 3.300 | 2,08 \pm 0,20 aA α | 2,04 \pm 0,31 aA α | 29,14 \pm 1,82 aA α | 31,50 \pm 3,54 aA α | 7,17 \pm 0,68 aA α | 8,36 \pm 0,71 aA β | 7,17 \pm 0,68 aA α | 7,17 \pm 0,68 aA α | 8,36 \pm 0,71 aA β | |

Letras minúsculas: comparação de níveis de proteína fixadas a energia e o momento de avaliação.

Letras maiúsculas: comparação de níveis de energia fixadas a proteína e o momento de avaliação.

Letras gregas: comparação dos momentos de avaliação fixadas a proteína e energia.

Tabela 7 – Desdobramento da interação de proteína e energia digestíveis (valores médios \pm desvio padrão) para volume corpuscular médio, concentração de hemoglobina corpuscular média e proteína plasmática total de tilápia-do-Nilo arraçoada durante 60 dias e submetidas a estresse por transporte

| Proteína Digestível (%) | Energia Digestível (kcal kg ⁻¹) | Volume Corpuscular Médio (fL) | | Concentração de Hemoglobina Corpuscular Média (%) | |
|-------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|---|-------------------------------|
| | | Momento da Avaliação | | | |
| | | Antes | Depois | Antes | Depois |
| 20 | 3.000 | 136,15 \pm 17,10 aA α | 157,97 \pm 3,60 aA β | 24,90 \pm 1,64 aA α | 23,32 \pm 4,69 aA α |
| 23 | 3.000 | 128,96 \pm 16,16 aA α | 151,61 \pm 15,38 aA β | 26,32 \pm 1,86 aA α | 25,42 \pm 1,07 aA α |
| 26 | 3.000 | 151,33 \pm 16,73 aA α | 155,72 \pm 16,11 aA α | 25,66 \pm 2,13 aA α | 26,11 \pm 1,52 aA α |
| 29 | 3.000 | 142,02 \pm 28,85 aA α | 153,60 \pm 6,81 aA α | 25,66 \pm 3,22 aA α | 26,04 \pm 2,65 aA α |
| 32 | 3.000 | 143,46 \pm 23,53 aA α | 161,48 \pm 18,61 aA α | 24,72 \pm 1,22 aA α | 26,61 \pm 1,59 aA β |
| 20 | 3.300 | 146,11 \pm 16,58 aA α | 146,21 \pm 13,34 aA α | 24,31 \pm 2,04 aA α | 25,49 \pm 0,99 abA α |
| 23 | 3.300 | 137,34 \pm 18,87 aA α | 171,83 \pm 18,78 bB β | 25,50 \pm 3,04 aA α | 24,14 \pm 2,13 aA α |
| 26 | 3.300 | 146,75 \pm 21,31 aA α | 147,97 \pm 10,58 abA α | 25,55 \pm 1,20 aA α | 27,67 \pm 1,48 bA α |
| 29 | 3.300 | 151,28 \pm 29,68 aA α | 157,51 \pm 23,71 abA α | 24,43 \pm 3,45 aA α | 26,46 \pm 1,79 abA α |
| 32 | 3.300 | 141,26 \pm 15,29 aA α | 156,50 \pm 19,82 abA α | 24,56 \pm 1,01 aA α | 26,62 \pm 1,24 abA β |

Letras minúsculas: comparação de níveis de proteína fixadas a energia e o momento de avaliação.

Letras maiúsculas: comparação de níveis de energia fixadas a proteína e o momento de avaliação.

Letras gregas: comparação dos momentos de avaliação fixadas a proteína e energia.

Tabela 8 – Desdobramento da interação de proteína e energia digestíveis (valores médios \pm desvio padrão) para porcentagem de linfócitos e mediana (valor mínimo:valor máximo) da porcentagem de neutrófilos e monócitos de tilápias-do-Nilo arraçoadas durante 60 dias e submetidas a estresse por transporte

| Proteína Digestível (%) | Energia Digestível (kcal kg ⁻¹) | Momento da Avaliação | | | | | | Monócito* (%) | |
|-------------------------|---|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------|--------|
| | | Linfócito (%) | | | Neutrófilo* (%) | | | Antes | Depois |
| | | Antes | Depois | Antes | Depois | Antes | Depois | | |
| 20 | 3.000 | 93,80 \pm 2,89 aA β | 58,40 \pm 8,66 aA α | 2,00 (0,50:6,50) aA α | 40,00 (23,00:45,50) aA β | 2,00 (1,00:8,50) aA α | 4,50 (3,00:6,00) aA α | | |
| 23 | 3.000 | 91,10 \pm 6,28 aA β | 46,50 \pm 19,13 aA α | 3,00 (0,00:8,50) aA α | 47,00 (23,50:65,50) aA β | 4,50 (0,00:9,00) aA α | 5,50 (4,00:8,00) aA α | | |
| 26 | 3.000 | 87,70 \pm 2,59 aA β | 64,00 \pm 4,26 aA α | 8,0 (6,00:8,00) aA α | 30,50 (29,00:32,00) aA β | 4,00 (2,50:8,50) aA α | 3,50 (3,00:10,50) aA α | | |
| 29 | 3.000 | 89,60 \pm 5,25 aA β | 64,80 \pm 12,46 aA α | 5,00 (3,50:10,00) aA α | 28,50 (21,50:40,50) aA β | 3,00 (2,00:9,50) aA α | 1,50 (0,50:5,00) aA α | | |
| 32 | 3.000 | 91,00 \pm 2,62 aA β | 56,70 \pm 11,39 aA α | 5,50 (3,00:8,50) aA α | 40,50 (25,50:51,00) aA β | 3,50 (0,00:7,00) aA α | 6,50 (3,00:8,00) aA α | | |
| 20 | 3.300 | 88,60 \pm 12,45 aA β | 54,10 \pm 14,43 aA α | 4,50 (0,00:24,00) aA α | 37,50 (24,50:54,50) aA β | 3,50 (1,00:9,50) aA α | 5,00 (1,50:9,00) aA α | | |
| 23 | 3.300 | 89,20 \pm 8,67 aA β | 53,20 \pm 11,50 aA α | 4,50 (1,00:15,00) aA α | 41,50 (26,00:50,00) aA β | 3,50 (1,50:10,00) aA α | 6,50 (4,00:13,00) aA α | | |
| 26 | 3.300 | 86,70 \pm 6,93 aA β | 60,90 \pm 6,54 aA α | 8,50 (6,50:13,00) aA α | 32,50 (26,50:38,50) aA β | 5,00 (0,50:8,50) aA α | 6,00 (3,00:8,50) aA α | | |
| 29 | 3.300 | 88,00 \pm 5,56 aA β | 58,10 \pm 7,85 aA α | 3,00 (1,00:1,50) aA α | 39,00 (29,00:46,00) aA β | 6,50 (2,50:15,50) aA α | 4,50 (1,00:7,00) aA α | | |
| 32 | 3.300 | 91,40 \pm 3,83 aA β | 70,20 \pm 12,79 aB α | 3,50 (2,50:11,00) aA α | 22,50 (15,00:45,00) aA β | 3,00 (2,00:5,00) aA α | 4,50 (2,00:6,00) aA α | | |

Letras minúsculas: comparação de níveis de proteína fixadas a energia e o momento de avaliação.

Letras maiúsculas: comparação de níveis de energia fixadas a proteína e o momento de avaliação.

Letras gregas: comparação dos momentos de avaliação fixadas a proteína e energia.

* Mediana (valor mínimo:valor máximo).

Capítulo III

Análise econômica da criação de tilápias em tanques-rede alimentadas com níveis de proteína e energia digestíveis na fase de terminação

Análise econômica da criação de tilápias em tanques-rede alimentadas com níveis de proteína e energia digestíveis na fase de terminação

RESUMO- Avaliou-se, após 60 dias, as respostas econômicas de tilápia-do-Nilo na fase de terminação (450 a 800 g), alimentadas com dietas contendo cinco níveis de proteína digestível (PD): 20, 23, 26, 29 e 32% e; dois de energia digestível (ED): 3.000 e 3.300 kcal/kg de dieta, com base na venda de animais inteiros ou processados (filés). A pesquisa foi conduzida em 50 tanques-rede (1m³), em área aquícola (reservatório de Canoas II) localizada no rio Paranapanema, de 21 de novembro de 2010 à 21 de janeiro de 2011. A partir do desempenho produtivo foram estimados os indicadores de desempenho econômico para venda de peixes inteiros e filés: Receita Bruta, Custo de Produção Parcial, Receita Líquida, Ponto de Nivelamento, Ponto de Equilíbrio, Relação Benefício/Custo e Custo da ração/kg ganho de peso. A dieta contendo 32% de PD e 3.000 kcal de ED/kg proporcionou melhor Relação Benefício/Custo e menores Ponto de Nivelamento (kg/tanque-rede) e Custo da ração/kg ganho (R\$/kg), 1,11 e 1,54; 68,94 e 17,37 e; 1,81 e 2,17, para venda de peixes inteiros e filés, respectivamente. A dieta 32% de proteína digestível e 3.000 kcal de energia digestível/kg proporciona melhores respostas econômicas na venda de tilápias-do-Nilo, criadas em tanques-rede, vendidas inteiras ou na forma de filés.

Termos para indexação: custo de produção, lucro, *Oreochromis niloticus*, receita bruta, relação benefício/custo

Economic analysis of tilapias at finishing stage, raised in cages and fed digestible protein and energy levels

ABSTRACT- The economic responses of Nile tilapia in the final stage (450 to 800 g) fed diets containing five levels of digestible protein (DP): 20, 23, 26, 29 and 32% and two digestible energy levels (DE): 3000 and 3300 kcal/kg was evaluated after 60 days, based on the sale of whole animals or processed (fillet). This experiment was carried out at Fish Farming – Palmital – SP – Brazil, Paranapanema River, Canoas II reservoir, into 50 1m³ net cages, from November 21st, 2010 to January 21st, 2011. Economic performance indicators for sale of whole fish and fillets were estimated from growth performance: Gross Revenue, Partial Production Cost, Net Revenue, Leveling Point, Balance Point, Benefit/Cost ratio and Cost of feed/kg gain. 32% of DP and 3000 kcal DE/kg diet provided better Benefit/Cost ratio, Leveling Point and Cost of feed/kg gain (R\$/kg), 1.11 and 1.54; 17.37 and 68.94, 1.81 and 2.17, for sale of whole fish and fillets, respectively. 32% digestible protein and 3000 kcal of digestible energy/kg diet provides better economic responses in the sale of tilapia, reared in net cages, sold whole or fillets form.

Index terms: benefit/cost ratio, gross revenue, *Oreochromis niloticus*, production cost, profit

Introdução

O aumento da demanda por alimentos de alta qualidade e a necessidade de produção cada vez maior de fontes protéicas para a alimentação humana faz da aquicultura uma atividade em crescente ascensão no Brasil, principalmente devido às condições favoráveis de clima e qualidade de água. Dentre as espécies mais utilizadas, a tilápia-do-Nilo, se destaca no cenário mundial e, no Brasil, é a mais produzida (FAO, 2013)

O estudo das exigências energéticas e protéicas é considerado bastante amplo na aquicultura, especialmente em função da dificuldade em se chegar a um consenso para as diferentes espécies de peixes criadas em confinamento, e para as distintas fases e regimes de produção (Bicudo, 2008).

Os produtores, na sua maioria, têm utilizado rações com 32% de proteína bruta durante o período de terminação de tilápia-do-Nilo, nível acima do recomendado por alguns autores, principalmente considerando-se que a tilápia é onívora e não necessitaria dessa quantidade de proteína para atender sua exigência, além deste nutriente representar a porção mais cara da ração.

O sistema de criação de peixes em tanques-rede, conhecido pela elevada produção de biomassa por área, é totalmente dependente de rações balanceadas para a obtenção de alta produtividade, devido ao acesso restrito dos animais ao alimento natural (Gonçalves, 2007). Zaniboni Filho et al. (2005) destacaram que o sistema intensivo de cultivo de peixes em tanques-rede tem crescido nos países como China, Indonésia e Brasil, e deve-se tornar o mais importante sistema de criação de peixes em países com práticas em aquicultura, devido às vantagens que apresenta sobre os sistemas convencionais de cultivo.

Furlaneto et al. (2006) afirmaram que, utilizando-se critérios técnicos de criação de peixes em tanques-rede no Brasil, pode-se obter o incremento da produção aquícola, criando condições para novos investidores e tornando a atividade excelente alternativa de geração de emprego e renda, além de diminuir a pressão sobre os estoques pesqueiros naturais. Os mesmo autores estimaram que, para cada 100 tanques-rede, podem ser gerados três empregos diretos e nove indiretos.

Uma vez que a piscicultura, como atividade econômica, tem seu desenvolvimento dependente do retorno financeiro, é oportuno que este seja um dos parâmetros avaliados nos estudos de nutrição de peixes (Bicudo, 2008). Segundo Vera-Calderón & Ferreira (2004), uma das formas de se determinar a viabilidade econômica de um sistema de produção no curto prazo é a partir do estudo do comportamento de sua produção e dos insumos utilizados, ou seja, por meio de custos e receitas geradas no sistema produtivo.

Segundo Scorvo Filho et al. (2004), o custo de produção é instrumento importante da administração que auxilia o empresário na comparação do desempenho de diferentes atividades, bem como, na avaliação econômica das técnicas empregadas, permitindo o estabelecimento de padrões de eficiência para maiores rendimentos e menores custos. Os autores relatam ainda, que o conhecimento detalhado do custo de produção pode ser ferramenta importante para adequação da tecnologia de produção frente aos preços de mercado do produto.

Desta forma, esta pesquisa teve por objetivo avaliar as respostas econômicas da criação de tilápia-do-Nilo, com base na venda de animais inteiros ou processados (filés), após serem alimentados por 60 dias com dietas contendo cinco níveis de proteína digestível e dois de energia digestível, em condições de criação intensiva em tanques-rede, na fase de terminação (450 a 800 g).

Material e Métodos

A presente pesquisa foi realizada na Piscicultura Fernandes – Palmital/SP (latitude 22°56'41,47", longitude 50°10'39,06"), em área aquícola (reservatório de Canoas II), rio Paranapanema, de 21 de novembro de 2010 à 21 de janeiro de 2011. Foram utilizados 5.000 peixes machos (invertidos sexualmente) de tilápia-do-Nilo, com peso médio de 450 g, linhagem Supreme. Os peixes foram selecionados em mesa de classificação manual e, após serem classificados, permaneceram por duas semanas em tanques-rede de 6,0 m³ de capacidade, sendo alimentados com ração comercial (32% proteína bruta), até que iniciasse a pesquisa.

Posteriormente, 5.000 peixes com peso médio inicial de 450 g foram distribuídos aleatoriamente em 50 tanques-rede de 1,0 m³ (1m x 1m x 1m), localizados em uma linha experimental, numa densidade de 100 peixes/tanque-rede. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, em esquema fatorial (5 x 2), totalizando dez dietas, composto por cinco níveis de proteína digestível (PD): 20, 23, 26, 29 e 32% e dois níveis de energia digestível (ED): 3.000 e 3.300 kcal/kg de dieta, com cinco repetições (tanques-rede) por tratamento.

Utilizou-se na elaboração das dietas a técnica de diluição, sendo formuladas, dentro de cada nível energético (3.000 ou 3.300 kcal/kg), as dietas contendo 20% de proteína digestível (menor nível) e 32% de proteína digestível (maior nível). Os demais níveis foram obtidos da seguinte forma:

- Dieta 23% PD: 75% dieta 20%PD + 25% dieta 32%PD;
- Dieta 26% PD: 50% dieta 20%PD + 50% dieta 32%PD;
- Dieta 29% PD: 25% dieta 20%PD + 75% dieta 32%PD;

As dietas (Tabela 1) foram formuladas de forma a apresentar níveis de aminoácidos conforme determinado por Furuya et al. (2001) e demais nutrientes segundo NRC (1993), de forma a se manterem isofibrosas, isocalcíticas e isofosfóricas.

Os ingredientes foram moídos (peneira com diâmetro de 1,00 mm) conjuntamente e homogeneizados em misturador horizontal de hélice. Posteriormente as dietas foram processadas (fábrica de ração comercial) em extrusora de rosca simples com capacidade de produção de 1,5 ton/hora, apresentando diâmetro médio de 6,0 a 8,0 mm. Após a extrusão, as rações passaram por secador de esteira, resfriador e ficaram armazenadas em silos até o ensacamento, com teor de umidade menor que 12%. A proteína bruta e matéria seca foram analisadas pelo método de micro-Kjeldahl e, por diferença de peso da amostra após 24 horas na estufa de secagem e esterilização à 105°C, respectivamente, realizadas no laboratório de bromatologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP-Botucatu, segundo a metodologia proposta pela AOAC (2000).

Os preços dos ingredientes utilizados nos cálculos do custo das dietas foram fornecidos por indústria de ração de peixes (LEBEN Alimentos, Macatuba-SP, Brasil), tendo como base o preço de compra dos produtos pela fábrica. Os seguintes valores foram utilizados no cálculo do custo das dietas experimentais (em R\$/kg de produto, cotação em janeiro/2012): Farelo de soja: 0,67; Farelo de trigo: 0,59; Farinha de carne e ossos: 0,82; Farinha de vísceras de aves: 0,95; Milho: 0,52; Óleo de soja: 2,20; Sal comum: 0,52; Premix vitamínico/mineral: 5,33; Fylox (0,1%): 4,7; Banox (0,03%): 8,15; Vitamina C: 35,0; L-Lisina: 5,0; DL-Metionina: 11,0; L-Triptofano: 49,70; L-Treonina: 7,0.

O custo do processamento (extrusão) e da sacaria foi incluído no preço ração, com os valores de R\$0,25 e R\$0,024/kg, respectivamente. O valor do frete não foi incluído ao produto final.

Os peixes foram alimentados por 60 dias, utilizando-se barco a remo, fornecendo-se quantidade de ração equivalente a 2,0% da biomassa presente no tanque-rede, dividido em três arraçoamentos diários (09:00, 13:00 e 17:00 horas). A quantidade de ração fornecida foi determinada por tabela comercial, sendo considerado o peso dos animais e temperatura da água. Para o ajuste dessa quantidade, foram realizadas biometrias a cada 21 dias, sempre antes do primeiro arraçoamento, aleatoriamente em dois tanques-rede (repetição) de cada tratamento, amostrando-se, no mínimo, 20% dos animais presentes no tanque-rede. Destaca-se que sempre respeitou-se a taxa de arraçoamento diária de 2,0% da biomassa, independente dos pesos médios dos animais de cada tratamento após as biometrias. Nos dias de amostragens, somente dois arraçoamentos foram realizados, fornecendo-se as alimentações somente no período vespertino.

Ressalta-se que dos 180 arraçoamentos propostos, 26 não puderam ser fornecidos, devido a problemas meteorológicos (excesso de chuva e ventos fortes), e à presença de macrófitas aquáticas, que periodicamente aderiam à linha experimental e precisavam ser rapidamente removidas, estressando os peixes.

A temperatura da água foi verificada diariamente (10:00 e 17:00 horas) e, semanalmente, o pH, condutividade elétrica e o teor de oxigênio dissolvido, utilizando-se sonda multiparâmetros YSI 556[®]. Estes parâmetros foram aferidos a 1 metro de profundidade, na parte inicial, medial e final da linha de tanques-rede.

Desempenho produtivo e econômico

Após 60 dias os animais foram contabilizados e pesados para a determinação do desempenho produtivo. Com o auxílio de puçá os peixes foram retirados (máximo dez por vez) e colocados na sacola de pesagem, para a contagem. Após a contagem e pesagem (balança digital com dez gramas de precisão) de todos os peixes, seis peixes foram aleatoriamente separados em um tanque-rede identificado, para posterior retirada do filé.

As variáveis de desempenho produtivo utilizadas foram:

Consumo de ração (kg): Total de ração fornecida;

Biomassa inicial (kg): Σ peso dos peixes do tanque-rede no início da pesquisa;

Biomassa final (kg): Σ peso dos peixes do tanque-rede ao término da pesquisa;

Ganho de biomassa (kg): Biomassa final – biomassa inicial;

Rendimento de filé (%): $(\Sigma \text{ peso dos filés} / \Sigma \text{ peso animais}) \times 100$;

Quantidade de filé (kg): Rendimento de filé x biomassa final;

Para a análise do desempenho econômico, foram coletados os seguintes dados: preço de venda do peixe inteiro e preço de venda do filé, custo com a aquisição de peixes para terminação, preço da ração e custo de filetagem.

A partir deste conjunto de dados foram estimados os indicadores de desempenho econômico, para a comercialização de peixes inteiros e filés, dados em R\$/tanque-rede (TR):

Receita Bruta para peixe inteiro (RBp) = Preço de venda do peixe x biomassa final;

Receita Bruta para filé (RBf) = Preço de venda do filé x quantidade de filés;

Custo de Produção Parcial para peixe inteiro (CPPp): (Custo de aquisição de peixe para terminação x biomassa inicial) + (consumo de ração x preço da ração);

Custo de Produção Parcial para filé (CPPf) = (Custo de aquisição de peixe para terminação x biomassa inicial) + (consumo de ração x preço da ração) + (quantidade de filé x custo de filetagem);

Receita Líquida com peixe (RLp) = RBp – CPPp;

Receita Líquida com filé (RLf) = RBf – CPPf;

Outros indicadores econômicos estimados foram:

Ponto de Nivelamento para peixe inteiro (PNp), em kg/TR = CPPp / preço de venda do peixe inteiro;

Ponto de Nivelamento para filé (PNf), em kg/TR = CPPf / preço de venda do filé;

Ponto de Equilíbrio para peixe inteiro (PEp), em R\$/TR = CPPp / biomassa final;

Ponto de Equilíbrio para filé (PEf), em R\$/TR = CPPf / quantidade de filé;

Relação Benefício/Custo para peixe inteiro (RBCp) = RBp / CPPp;

Relação Benefício/Custo para filé (RBCf) = RBf / CPPf;

Custo da ração / kg ganho de peso (CR/kg ganho de peso), em R\$/kg = (Preço ração x consumo de ração) / kg de ganho de peso;

Custo da ração / kg filé (CR/kg filé), em R\$/kg = (Preço ração x consumo de ração) / kg de filé produzido.

Os preços de compra dos peixes de 450g destinados à terminação (R\$4,50/kg), venda de peixes inteiros (R\$3,60/kg) e filés (R\$18,00/kg), bem como o custo de beneficiamento dos filés incluindo mão-de-obra, gelo e embalagem (R\$2,00/kg) foram os valores nominais da região, praticados pelos produtores e atualizados em janeiro de 2012.

Resultados e Discussão

A temperatura aferida pela manhã e tarde, pH, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido, foram $24,5 \pm 2,2$ e $25,3 \pm 2,1$ °C; $7,20 \pm 0,2$; $56,5 \pm 1,25$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ e $6,15 \pm 0,5$ mg/L, respectivamente, sendo considerados adequados para a espécie utilizada na pesquisa, segundo Boyd (1990).

Segundo Ayroza et al. (2005), a região do Médio Paranapanema, local de realização da pesquisa, é a primeira em produtividade e a segunda em produção de peixes do Estado de São Paulo. Furlaneto et al. (2008) destacaram que a tilápia (*Oreochromis niloticus*) é a única espécie criada em tanques-rede nessa região, com produtividade oscilando entre 60 e 150 kg/m³/ciclo, sendo o destino da produção, de maneira geral, 70,0% para indústrias de filetagem e 30,0% para pesqueiros, peixarias e feiras livres. Os últimos autores destacaram ainda, que nessa região, estava sendo explorada uma área de 2,5 ha de lâmina d'água com criação intensiva de peixes, havendo, aproximadamente, 629 tanques-rede.

São encontrados na literatura alguns estudos envolvendo análises econômicas da criação de tilápias em tanques-rede, a exemplo da criação em tanques-rede de diferentes tamanhos, de 6 ou 18 m³ (Furlaneto et al., 2006; 2010); avaliação dos custos de produção de tilápias em tanques-rede de 6 m³ (Militão et al., 2007); avaliação econômica de três pisciculturas situadas em locais distintos no estado de São Paulo (Vera-Calderón e Ferreira, 2004); análises de investimento de piscicultura em tanques-rede por meio da determinação de indicadores de viabilidade econômica (Campos et al., 2007), entre outros.

No entanto, estes estudos apresentam abordagem diferente ao estimar indicadores de rentabilidade tais como: custo operacional efetivo (COE), custo

operacional total (COT), receita bruta (RB), lucro operacional ou retorno líquido (RL), entre outros. Contrariamente, no presente estudo o objetivo principal foi avaliar diferenças de rentabilidade proporcionadas por diversas dietas, e não situações ou propriedades mais lucrativas.

Scorvo Filho et al. (2004) destacaram, que pela sua importância no custo de produção, a alimentação merece cuidado especial por parte do piscicultor, pois, as diferenças entre propriedades em termos de produtividade e lucratividade podem estar relacionadas ao manejo alimentar empregado em cada uma delas. Vera-Calderon e Ferreira (2004) avaliaram três pisciculturas de criação de tilápias em tanques-rede, na fase de terminação e verificaram que o insumo de maior participação, nos três níveis de escala, foi a ração, representando 43,3% para o empreendimento P e 62,74% para os empreendimentos M e G.

Desta forma, o presente estudo parte da premissa de que, mantidos os demais itens de custos constantes, determinadas dietas podem apresentar maior economicidade ao apresentar a maior relação benefício/custo, sendo que os benefícios são dados pela receita bruta para venda de peixes inteiros ou filés, e o custo da dieta é dado pelas diferentes combinações de proteína e energia.

Pôde-se observar na Tabela 1, que o custo das dietas foi inversamente proporcional ao nível de proteína e, dentro do mesmo nível protéico, as dietas contendo maior quantidade de energia (3.300 kcal de ED/kg) sempre apresentaram preços mais elevados, em média 5,75% superiores às dietas contendo 3.000 kcal de ED/kg. Segundo Meyer & Fracalossi (2004), a proteína é o macronutriente dietético cuja exigência deve ser priorizada em estudos de nutrição, devido à sua importância na composição dos custos da ração e afetar diretamente o ganho de peso.

As dietas com maiores níveis protéicos apresentaram menores custos, ao contrário do preconizado pela literatura, no entanto, essa colocação é feita quando aminoácidos sintéticos não são incluídos às dietas. Na presente pesquisa, pôde-se perceber que níveis superiores de proteína foram atingidos incluindo-se farelo de soja, e mantendo-se os demais ingredientes protéicos (farinha de carne e ossos e farinha de vísceras de aves) constantes. Apesar da inclusão crescente de farelo de soja (do menor para o maior teor protéico), a diminuição gradativa de milho e farelo de trigo e, principalmente, a menor a necessidade de suplementação de aminoácidos sintéticos (praticamente isenta nos tratamentos com 32% de PD), conhecidamente de altos preços, fez com que as dietas contendo maiores valores protéicos fossem mais baratas.

Mesmo assim, as dietas desta pesquisa apresentaram preços relativamente superiores às disponibilizadas no mercado devido a utilização de aminoácidos sintéticos; inclusão de óleo de soja (formuladores têm utilizado óleo subproduto de abatedouros avícolas, notoriamente mais barato) e; elevado valor do processamento (R\$0,25/kg dieta), provocado pela dificuldade em encontrar empresas que disponibilizassem a extrusora para a confecção das dietas.

As variáveis de desempenho produtivo: consumo de ração, biomassa inicial e final, ganho de biomassa, rendimento e quantidade de filés obtidos pelos peixes alimentados com as dietas experimentais encontram-se na Tabela 2.

Na Tabela 3 são apresentados os indicadores econômicos das dietas experimentais na venda de peixes inteiros. Pôde-se perceber que a RLp começou a ficar positiva à partir do tratamento 23% PD e 3.000 kcal/kg. Isso deve-se ao fato das duas primeiras dietas, 20% PD e 3.000 kcal de ED/kg e dieta 20% PD e 3.300 kcal de ED/kg terem proporcionado os menores valores de biomassa final e os maiores preços, 73,48 e

72,54 kg e R\$1,128 e R\$1,191, respectivamente. A maior inclusão de aminoácidos sintéticos onerou essas dietas, e o menor valor de biomassa final pode ter sido consequência destas dietas terem a maior relação ED/PB, 141,88 e 159,68, respectivamente.

Segundo NRC (2011), 103 é o valor da melhor relação ED/PB para tilápia, e as dietas com 20% de proteína digestível foram as mais distantes dessa relação. A concentração ótima de proteína em dietas para peixes é definida pelo balanço entre a energia e a proteína, sendo que, o excesso de energia pode levar à inibição da ingestão de alimento, sem que haja consumo da quantidade necessária da fração protéica (Cho, 1992). Da mesma forma, segundo Sá & Fracalossi (2002), uma elevada relação energia/proteína ocasiona menor ingestão de proteína e de outros nutrientes essenciais, além de excessiva deposição de gordura visceral e redução do rendimento de carcaça. Provavelmente esses fatores influenciaram para o menor ganho de peso dos animais que consumiram as dietas contendo 20% PD, independente do nível energético.

A dieta contendo 32% PD e 3.000 kcal de ED/kg proporcionou a maior RBCp (1,11), refletindo em RLp de R\$28,21/tanque-rede, porque, apesar deste tratamento não ter proporcionado a maior RBp, foi o tratamento em que obteve-se o menor CPPp. O baixo CPPp foi reflexo dessa dieta ter o menor custo (R\$1,048), 13,64% inferior à de maior preço (R\$1,191), obtido na dieta 20%PD e 3.300 kcal/kg. Dessa forma, apesar da dieta 32% PD e 3.000 kcal/kg ter proporcionado valores intermediários de biomassa final (76,78 kg), seu baixo preço, aliado à valores intermediários de consumo de ração (55,26 kg), proporcionou maior lucro e menor PNp (68,94 kg) para a venda de peixe inteiro. Segundo Scorvo Filho et al. (2004), o Ponto de Nivelamento é um indicador interessante para avaliação econômica da atividade produtiva, uma vez que essa variável

mostra qual a produção mínima que é necessária para cobrir determinado custo. Os pontos de nivelamento são obtidos a partir da igualdade entre receita e custo.

Da mesma forma, os peixes do tratamento 32% PD e 3.000 kcal de ED/kg poderiam ser vendidos pelo menor valor, pois nesse tratamento ocorreu o menor PEp (R\$3,23), sendo este preço 14,86% inferior ao obtido pelo tratamento 20% PD e 3.300 kcal/kg, o maior obtido nesta pesquisa.

Os preços de venda de peixes sofrem flutuações em algumas épocas do ano, bem como o destino da produção. Segundo Furlaneto et al. (2010), o valor de venda pode ser mais atrativo quando é realizado para pescueiros, varejo e consumidor final, em relação às vendas para indústria. No entanto, os mesmos autores destacam que deve-se analisar a capacidade de compra desses agentes devido a necessidade total de venda da produção ao término do ciclo reprodutivo, com o propósito de otimizar o uso dos tanques-rede. Dessa forma, é possível aumentar o RBp obtidos pelas dietas e, conseqüentemente a RBCp, escalonando a produção para venda em épocas mais promissoras ou alterando os canais de venda.

Outra forma bastante relatada na literatura de obtenção de maior Receita Bruta é aumentar a produtividade (produção/área). Hengsawat et al. (1997) destacaram que altas densidades de estocagem determinam maiores produções, conseqüentemente maior retorno sobre os investimentos em estruturas e equipamentos. Segundo os autores, a determinação da densidade ótima de estocagem para uma espécie ou sistema de cultivo pode ser um fator crítico no sistema de produção em tanques-redes. Piscicultores produzem até 150 kg/m³ na região em estudo, conforme relatado por Furlaneto et al. (2010), assim, pode-se considerar baixa a produção média de 76,54 kg/m³ dessa pesquisa.

Ayroza (2009), comparando o custo operacional da criação de tilápias-do-Nilo em diferentes densidades de estocagem (100 a 400 peixes/m³) na fase de juvenil, em tanques-rede de 6 m³, verificou que as maiores Receitas líquidas e Lucros operacionais foram obtidos utilizando-se as densidades de 200 e 100 peixes/m³. No entanto, destaca-se mais uma vez, que o fator principal deste trabalho foi avaliar o potencial máximo que os peixes poderiam atingir com as diferentes dietas, evitando-se outros efeitos externos, como estresse por alto adensamento, motivo que levou a opção de 100 animais/m³.

Analisando-se individualmente o impacto do custo da ração sobre o ganho de peso (CR/kg ganho de peso), mais uma vez, notou-se o menor valor obtido pela dieta 32% PD e 3.000 kcal de ED/kg (R\$1,81/kg ganho de peso), 20,99% e 32,04% inferiores aos obtidos pelas dietas 20% PD e 3.000 kcal de ED/kg e dieta 20% PD e 3.300 kcal de ED/kg, respectivamente, que apresentaram os maiores valores dessa variável.

A variável CR/kg ganho de peso é muito utilizada em trabalhos de nutrição, por ser de fácil cálculo e fornecer informações econômicas sobre a relação ração/desempenho. Botaro et al. (2007) trabalhando com dietas formuladas pelo conceito de proteína ideal para tilápias criadas em tanques-rede, estimaram custo/kg de ganho de peso variando de R\$1,03 à R\$1,09, quando o teor de proteína digestível variou de 27 a 22,7%, respectivamente. Os autores verificaram que o custo das rações também se elevou (R\$0,609 à R\$0,613/kg) nos níveis mais baixos de proteína, devido à maior inclusão de aminoácidos sintéticos. Os maiores valores de custo/kg de ganho de peso desta pesquisa, em relação aos encontrados por Botaro et al. (2007), são reflexos dos preços mais elevados das dietas, que variou entre R\$1,048 (32% PD e 3.000 kcal de ED/kg) à R\$ 1,191 (20% PD e 3.300 kcal de ED/kg), devido à inclusão de ingredientes

de origem animal (farinha de vísceras de aves e farinha de carne e ossos), do aminoácido triptofano, bem como o maior valor dos ingredientes atualmente.

Na Tabela 4 são apresentados os indicadores econômicos das dietas experimentais na produção e venda de filés.

Verificou-se que todas as dietas proporcionaram RBCf superior à 1,0, variando de 1,37 (dieta 20% PD e 3.300 kcal de ED/kg) a 1,54, proporcionado pelas dietas 26, 29 e 32% PD com 3.000 kcal de ED/kg e pela dieta 29% PD e 3.300 kcal de ED/kg. A RBCf indica que, a exemplo dos tratamentos em que obteve-se valores de 1,54, que para cada R\$1,00 investido têm-se retorno de R\$0,54. Apesar da similaridade de valores de RBCf entre estas dietas, proporcionada pela utilização de duas casas decimais, as RLf (R\$/TR) foram distintas, variando de R\$168,28 (dieta 32% PD e 3.000 kcal de ED/kg) à R\$174,39 (dieta 29% PD e 3.300 kcal de ED/kg). O menor valor de Lf para a dieta 32% PD e 3.000 kcal de ED/kg, frente as demais de mesmo RBCf foi resultado desta dieta ter proporcionado a menor RBf, apesar de ter apresentado concomitantemente o menor CPF. O reduzido valor da RBf foi consequência da menor quantidade de filé (26,72 kg), atribuído a menor biomassa final (76,78 kg), já que o rendimento de filé foi intermediário (34,80%) entre os demais tratamentos de mesma RBCf.

A quantidade de filés produzida em todos os tratamentos foi acima do PNf. As médias da quantidade de filé proporcionadas pelas dietas que continham 3.000 kcal de ED/kg foi de 26,47 kg, com PNf médio de 17,60 kg. As dietas contendo 3.300 kcal/kg proporcionaram, em média, 26,28 kg de filés/TR, e tiveram PNf médios de 17,79 kg, obtendo-se quantidades de filés superiores aos PNf de 50,40 e 47,72%, respectivamente, para as dietas contendo 3.000 e 3.300 kcal de ED/kg. O menor valor do PNf obtido com as dietas com 3.000 kcal de ED/kg foram reflexos dos menores CPPf em relação as

dietas com 3.300 kcal de ED/kg, devido às últimas terem maiores inclusões de óleos, que apresentam preços elevados.

O PEf representa o valor mínimo que o kg de filé teria que ser vendido para cobrir o CPPf. Mais uma vez, a dieta 32% PD e 3.000 kcal/kg, assim como a dieta 26% PD com a mesma quantidade energética, alcançaram menores valores dessa variável (R\$11,71). Apesar da segunda dieta ter apresentado ligeira superioridade em quantidade de filé em relação a primeira, o menor CPPf da dieta 32% PD e 3.000 kcal de ED/kg, em decorrência do menor valor da ração e menor consumo, fez com que ambas apresentassem valores semelhantes de PEf. Notou-se que, produzindo-se filés, todas as dietas tornariam-se rentáveis, devido o valor de venda de filés (R\$18,00) ser 48,76% superior ao PEf médios dos tratamentos.

Para avaliar o efeito isolado do impacto do preço da ração sobre o kg de filé produzido utilizou-se a variável CR/kg filé. Verificou-se, mais uma vez, menor valor dessa variável (R\$2,17) com a dieta 32% PD e 3.000 kcal de ED/kg. O pior CR/kg filé anotado nesta pesquisa, obtido pela dieta 20% PD e 3.300 kcal de ED/kg (R\$2,69) foi resultado desta dieta ter sido a mais onerosa, que implicou em valor 23,96% superior de CR/kg filé em relação ao resultado obtido com a melhor dieta. Os dados de CR/kg filé corroboram os encontrados por Botaro et al. (2007), que trabalhando com níveis de proteína digestível (22,7 à 27,0% PD) para peixes de 35,0 à 270 g, em tanques-rede, obtiveram valores variando de R\$2,64 à R\$2,47/kg filé. No entanto os valores de rendimento de filé peixes encontrados por esses autores foram superiores, devido aos menores tamanhos dos animais, que variaram de 39,14 a 39,06%.

Conhecidamente, o processamento de produtos agrega valor de venda. O filé representa a porção mais nobre da tilápia, tendo grande aceitação do mercado

consumidor, devido à baixa quantidade de gordura, carne branca de textura firme e ausente de espinhos em “Y”, segundo Hildsorf (1995). Com a possibilidade de maior valor de venda (R\$18,00/kg filé) obteve-se um valor da RBCf positiva, com conseqüente geração de lucro para todas as dietas empregadas, apesar das diferenças proporcionadas no desempenho e que tiveram reflexo negativo somente na venda de peixes inteiros.

Conclusão

A dieta contendo 32% de proteína digestível e 3.000 kcal de energia digestível/kg proporcionou melhores respostas econômicas na venda de tilápias-do-Nilo criadas em tanques-rede na fase de terminação (450 a 800 g), vendidas inteiras ou na forma de filés.

Referências

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 17.ed. Gaithersburg, 2000. 1115p.

AYROZA, L.M.S. **Criação de tilápia-do-Nilo, *Oreochromis niloticus*, em tanques-rede, na usina hidrelétrica de Chavantes, rio Paranapanema, SP/PR**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista, Centro de Aqüicultura, Jaboticabal/SP, 2009.

AYROZA, L.M.; SUSSEL, F.R.; AYROZA, D.M.M.R.; FURLANETO, F.P.B. Piscicultura no Médio Paranapanema: Situação e Perspectiva. **Revista Aqüicultura e Pesca**, v.2, n.12, p.27-32, 2005.

BICUDO, A.J.A. **Exigências nutricionais de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887): proteína, energia e aminoácidos**. (Tese: Doutorado). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2008.

BOTARO, D.; FURUYA, W.M.; SILVA, L.C.R.; SANTOS, L.D.; SILVA, T.S.C.; SANTOS, V.G. Redução da proteína, com base no conceito de proteína ideal, para a Tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), criada em tanques-rede. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 3, p.517-525, 2007.

BOYD, C.E. 1990 *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn: University. 482p.

CAMPOS, C.M.; GANECO, L.N.; CASTELLANI, D.; MARTINS, M.I.E. Avaliação econômica da criação de tilápias em tanques-rede, município de Zacarias/SP. **Boletim Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 265-271, 2007.

CHO, C.Y. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimates of energy and protein requirements. **Aquaculture** 100: 107-123. 1992.

FAO. Fisheries and aquaculture information and statistic service: 2013 Global aquaculture production. Disponível em: <http://www.fao.org/figis> Acesso em: 12 de junho 2013.

FURLANETO, F.P.B.; AYROZA, D.M.M.R.; AYROZA, L.M.S. Análise econômica da produção de tilápia em tanques-rede, ciclo de verão, região do médio Paranapanema, Estado de São Paulo, 2009. **Informações econômicas**, v.40, n.4, abril, 2010.

FURLANETO, F.P.B.; AYROZA, D.M.M.R.; AYROZA, L.M.S. Custo e rentabilidade da produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede no Médio Paranapanema, Estado de São Paulo, safra 2004/2005. **Informações econômicas**, SP, v.36, n.3, mar. 2006.

FURLANETO, F.P.B.; ESPERANCINI, M.S.T.; BUENO, O.C.; AYROZA, L.M.S.; AYROZA, D.M.M.R. Análise quantitativa das pisciculturas da região paulista do Médio Paranapanema. **Informações econômicas**, SP, v.38, n.10, out. 2008.

FURUYA, W.M.; PEZZATO, L.E.; PEZZATO, A.C.; BARROS, M.M.; MIRANDA, E.C. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.4, p. 1125-1131, 2001.

GONÇALVES, G.S. **Digestibilidade e Exigência de Lisina, Proteína e Energia em Dietas para Tilápia-do-Nilo**. Jaboticabal, 2007. Tese (Doutorado) – Centro de Aquicultura da Unesp-CAUNESP, Universidade Estadual Paulista, 2007. 98p.

HENGSAWAT, T.; WARD, F.J.; JARURATJAMORN, P. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell 1822) cultured in cages. **Aquaculture**, 152: 67-76, 1997.

HILDSORF, A.W.S. Genética e cultivo de tilápias vermelhas, uma revisão. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.22, p.73-87, 1995.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhandia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v.240, p.331-343, 2004.

MILITÃO, E.S.; SOUZA, C.S.S.; COSTA, S.M.A.L.; FERNANDES, W.B. Custo de produção de tilápia (*Oreochromis* spp.) em tanques-rede em Ilha Solteira, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45. Londrina. **Anais**. Londrina: UEL, 2007. 1 CD-ROM.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of warmwater, fishes and shellfishes: nutrient requirements of domestics animals.** Washington, D.C. National Academic Press.: 114p. 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp.** Washington, D.C. National Academic Press.: 376p. 2011.

ONO, E. A.; KUBITZA, F. **Cultivo de peixes em tanques-rede.** 3^a Ed. Jundiaí: Eduardo A. Ono, 112p, 2003.

SÁ, M.V.C.; FRACALOSSO, D.M. Exigência Protéica e Relação Energia/Proteína para alevinos de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.1-10, 2002.

SCORVO FILHO, J.D.; MARTINS, M.I.E.G. e SCORVO-FRASCA, C.M.D. Instrumentos para análise da competitividade na piscicultura. In: **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva** / editado por José Eurico Possaibon Cyrino...[et al.]. São Paulo: TecArt, Cap. 17, p. 517-533, 2004.

VERA-CALDERÓN, L.E.; FERREIRA, A.C.M. Estudo da economia de escala na piscicultura em tanque-rede, no Estado de São Paulo. **Informações econômicas**, v.34, n.1, 2004.

ZANIBONI FILHO, E.; NUÑER, A. P. O.; GUERESCHI, R. M.; HERMES-SILVA, S.
Cultivo de peixes em tanques-rede e impactos ambientais. In: **Seminário sobre Cultivo de Peixes em Tanques-rede: Desafios e oportunidades para um desenvolvimento sustentável**, 2005, Belo Horizonte, MG. Cultivo de peixes em tanques-rede. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, v. único. p.57-80, 2005.

Tabela 1. Composição percentual, preços finais, químico-bromatológica calculada* e proteína bruta analisada* das dietas fornecidas às tilápias-do-Nilo por 60 dias (*base na matéria natural)

| Ingredientes | Tratamento | | | | | | | | | |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| | 20%PD | 20%PD | 23%PD | 23%PD | 26%PD | 26%PD | 29%PD | 29%PD | 32%PD | 32%PD |
| | 3000 | 3300 | 3000 | 3300 | 3000 | 3300 | 3000 | 3300 | 3000 | 3300 |
| | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg |
| Farelo de soja | 21,00 | 22,10 | 30,98 | 32,13 | 41,00 | 42,15 | 50,92 | 52,18 | 60,90 | 62,20 |
| Farelo de trigo | 19,80 | 9,69 | 17,55 | 7,52 | 15,30 | 5,35 | 13,05 | 3,17 | 10,80 | 1,00 |
| Far. carne e ossos | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 | 7,00 |
| Far. vísceras aves | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 | 3,00 |
| Milho | 44,82 | 50,66 | 37,61 | 43,12 | 30,40 | 35,57 | 23,20 | 28,03 | 15,99 | 20,49 |
| L-lisina | 0,71 | 0,76 | 0,53 | 0,57 | 0,40 | 0,38 | 0,18 | 0,19 | ----- | ----- |
| DL-metionina | 0,45 | 0,41 | 0,36 | 0,33 | 0,30 | 0,25 | 0,17 | 0,16 | 0,08 | 0,08 |
| L-Triptofano | 0,06 | 0,09 | 0,05 | 0,07 | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | ----- | ----- |
| L-Treonina | 0,40 | 0,46 | 0,30 | 0,35 | 0,20 | 0,23 | 0,10 | 0,12 | ----- | ----- |
| Óleo de soja | 0,53 | 3,60 | 0,40 | 3,70 | 0,27 | 3,80 | 0,13 | 3,90 | ----- | 4,00 |
| Vitamina C | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Sal | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Premix Vit-Min | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |
| Fylox (0,1%) ³ | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |
| Banox (0,03%) ⁴ | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| TOTAL | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |
| Preço (R\$/kg) | 1,128 | 1,191 | 1,108 | 1,171 | 1,088 | 1,151 | 1,068 | 1,130 | 1,048 | 1,110 |
| COMPOSIÇÃO QUÍMICO-BROMATOLÓGICA CALCULADA | | | | | | | | | | |
| Energia dig.(kcal/kg) | 2996,60 | 3299,01 | 3035,06 | 3301,11 | 3016,16 | 3300,78 | 3035,54 | 3306,77 | 3045,57 | 3299,12 |
| Proteína dig.(%) | 19,99 | 19,99 | 23,00 | 23,01 | 26,00 | 26,00 | 29,00 | 29,00 | 32,37 | 32,00 |
| Fibra bruta (%) | 3,82 | 3,01 | 4,52 | 3,72 | 4,92 | 3,81 | 4,73 | 3,89 | 4,61 | 3,82 |
| Extrato etéreo (%) | 4,52 | 6,76 | 3,42 | 8,50 | 3,39 | 7,27 | 3,23 | 7,25 | 3,09 | 6,83 |
| Ca total (%) | 0,88 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,92 | 0,91 | 0,94 | 0,93 | 0,95 | 0,95 |
| P disp.(%) | 0,54 | 0,53 | 0,56 | 0,56 | 0,57 | 0,55 | 0,57 | 0,56 | 0,58 | 0,56 |
| Metionina (%) | 0,75 | 0,66 | 0,58 | 0,58 | 0,54 | 0,55 | 0,54 | 0,54 | 0,55 | 0,54 |
| AA's sulfurados (%) | 0,91 | 0,91 | 0,90 | 0,91 | 0,91 | 0,91 | 0,95 | 0,95 | 1,00 | 0,98 |
| Lisina (%) | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,52 | 1,67 | 1,67 | 1,90 | 1,89 |
| Triptofano (%) | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,31 | 0,31 | 0,36 | 0,36 | 0,41 | 0,40 |
| Treonina (%) | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,17 | 1,16 |
| ED/PD | 149,87 | 165,05 | 131,94 | 143,48 | 116,02 | 126,98 | 104,69 | 114,03 | 94,09 | 103,11 |
| ED/PB | 141,88 | 159,68 | 122,83 | 133,27 | 105,90 | 116,75 | 95,22 | 104,08 | 85,89 | 94,48 |
| Amido (%) | 36,88 | 37,40 | 31,99 | 29,46 | 27,15 | 27,53 | 24,47 | 23,82 | 20,96 | 20,85 |
| Proteína bruta analisada (%) | 22,32 | 21,47 | 23,77 | 24,70 | 28,63 | 28,48 | 32,75 | 29,56 | 34,70 | 33,21 |

----- Não adicionado

¹Premix Vitamínico-Mineral (Composição por kg do produto): vit. A = 1.200.000 UI; vit. D3 = 200.000 UI; vit. E = 12.000 mg; vit. K3 = 2.400 mg; vit. B1 = 4.800 mg; vit. B2 = 4.800 mg; vit. B6 = 4.000 mg; vit. B12 = 4.800 mg; ácido fólico = 1.200 mg; pantotenato de cálcio = 12.000 mg; vit. C = 48.000 mg; biotina = 48 mg; colina = 65.000 mg; niacina = 24.000 mg; ferro = 10.000 mg; cobre = 600 mg; manganês = 4.000 mg; iodo = 20 mg; cobalto = 2 mg e selênio = 20 mg.

² Vitamina C: sal cálcica 2-monofosfato de ácido ascórbico, 35% de princípio ativo

³ Antifúngico

⁴ Antioxidante

Tabela 2. Valores médios das variáveis de desempenho produtivo utilizadas na análise econômica de tilápias-do-Nilo criadas em tanques-rede (TR) e arraçoadas por 60 dias com as dietas experimentais

| Energia Digestível (kcal/kg) | Proteína Digestível (%) | Consumo de ração (kg/TR) | Biomassa inicial (kg/TR) | Biomassa final (kg/TR) | Ganho de biomassa (kg/TR) | Rendimento de filé (%/TR) | Quantidade de filé (kg/TR) |
|------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 3.000 | 20 | 53,21 | 45,86 ± 1,43 | 73,48 ± 4,05 | 27,62 ± 2,88 | 34,63 ± 0,62 | 25,45 ± 1,40 |
| | 23 | 56,59 | 45,86 ± 1,27 | 76,59 ± 3,29 | 30,73 ± 2,12 | 34,04 ± 0,65 | 26,07 ± 1,12 |
| | 26 | 57,50 | 44,20 ± 1,73 | 77,14 ± 1,94 | 32,94 ± 1,91 | 34,93 ± 0,50 | 26,95 ± 0,68 |
| | 29 | 56,90 | 44,90 ± 2,07 | 78,45 ± 4,28 | 33,55 ± 3,46 | 34,61 ± 0,33 | 27,15 ± 1,48 |
| | 32 | 55,26 | 44,74 ± 1,57 | 76,78 ± 2,20 | 32,04 ± 2,30 | 34,80 ± 0,86 | 26,72 ± 0,76 |
| 3.300 | 20 | 54,50 | 45,27 ± 1,38 | 72,54 ± 2,75 | 27,27 ± 1,80 | 33,26 ± 0,44 | 24,13 ± 0,91 |
| | 23 | 57,99 | 44,98 ± 1,57 | 78,26 ± 2,19 | 33,28 ± 1,23 | 34,52 ± 0,27 | 27,02 ± 0,75 |
| | 26 | 57,23 | 44,71 ± 1,27 | 78,49 ± 2,21 | 33,58 ± 2,89 | 34,53 ± 0,41 | 27,11 ± 0,76 |
| | 29 | 57,68 | 45,22 ± 1,59 | 79,30 ± 4,95 | 34,09 ± 4,86 | 34,92 ± 0,84 | 27,69 ± 1,73 |
| | 32 | 54,37 | 45,22 ± 2,20 | 74,33 ± 3,00 | 29,11 ± 2,22 | 34,23 ± 0,59 | 25,44 ± 1,03 |
| CV (%) | | D | 3,58 | 4,23 | 8,73 | 1,69 | 4,23 |

CV: coeficiente de variação;

D: Valor descritivo

Tabela 3. Indicadores econômicos da produção de tilápia-do-Nilo criadas em tanques-rede (TR) e arraçoadas por 60 dias com as dietas experimentais

| TRATAMENTO | VARIÁVEIS | | | | | | | |
|------------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|------|------------------------------------|--|
| | RBp (R\$/TR) | CPPp (R\$/TR) | RLp (R\$/TR) | PNp (kg/TR) | PEp (R\$/kg) | RBCp | CR/kg ganho de peso (R\$/kg) | |
| 20% PD e 3.000 kcal/kg | 264,52 | 266,40 | -1,88 | 74,00 | 3,63 | 0,99 | 2,19 | |
| 20% PD e 3.300 kcal/kg | 261,14 | 268,63 | -7,49 | 74,62 | 3,71 | 0,97 | 2,39 | |
| 23% PD e 3.000 kcal/kg | 275,72 | 269,09 | 6,63 | 74,75 | 3,52 | 1,02 | 2,05 | |
| 23% PD e 3.300 kcal/kg | 281,73 | 270,32 | 11,40 | 75,09 | 3,45 | 1,04 | 2,04 | |
| 26% PD e 3.000 kcal/kg | 277,69 | 261,46 | 16,23 | 72,63 | 3,39 | 1,06 | 1,90 | |
| 26% PD e 3.300 kcal/kg | 282,58 | 267,08 | 15,50 | 74,19 | 3,41 | 1,06 | 1,96 | |
| 29% PD e 3.000 kcal/kg | 282,43 | 262,84 | 19,60 | 73,01 | 3,36 | 1,07 | 1,83 | |
| 29% PD e 3.300 kcal/kg | 285,49 | 268,65 | 16,84 | 74,63 | 3,40 | 1,06 | 1,94 | |
| 32% PD e 3.000 kcal/kg | 276,40 | 248,20 | 28,21 | 68,94 | 3,23 | 1,11 | 1,81 | |
| 32% PD e 3.300 kcal/kg | 267,58 | 263,82 | 3,76 | 73,28 | 3,55 | 1,01 | 2,08 | |

RBp: Receita bruta para peixe inteiro; CPPp: Custo de produção parcial para peixe inteiro; RLp: Receita Líquida com peixe inteiro; PNp: Ponto de nivelamento para peixe inteiro; PEp: Ponto de equilíbrio para peixe inteiro; RBCp: Relação benefício/custo para peixe inteiro; CR/kg ganho de peso: Custo da ração/kg de ganho de peso.

Tabela 4. Indicadores econômicos da produção de filés de tilápia-do-Nilo criadas em tanques-rede (TR) e arraçoadas por 60 dias com as dietas experimentais

| TRATAMENTO | VARIÁVEIS | | | | | | |
|------------------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|------|------------------------|
| | RBf (R\$/TR) | CPPf (R\$/TR) | RLf (R\$/TR) | PNf (kg/TR) | PEf (R\$/kg) | RBCf | CR/kg filé (R\$/kg) |
| 20% PD e 3.000 kcal/kg | 458,06 | 317,29 | 140,77 | 17,63 | 12,48 | 1,44 | 2,36 |
| 20% PD e 3.300 kcal/kg | 434,30 | 316,88 | 117,41 | 17,60 | 13,14 | 1,37 | 2,69 |
| 23% PD e 3.000 kcal/kg | 469,26 | 321,23 | 148,03 | 17,85 | 12,33 | 1,46 | 2,41 |
| 23% PD e 3.300 kcal/kg | 486,27 | 324,35 | 161,92 | 18,02 | 12,01 | 1,50 | 2,52 |
| 26% PD e 3.000 kcal/kg | 484,93 | 315,34 | 169,60 | 17,52 | 11,71 | 1,54 | 2,32 |
| 26% PD e 3.300 kcal/kg | 487,92 | 321,29 | 166,63 | 17,85 | 11,86 | 1,52 | 2,43 |
| 29% PD e 3.000 kcal/kg | 488,76 | 317,14 | 171,62 | 17,62 | 11,69 | 1,54 | 2,24 |
| 29% PD e 3.300 kcal/kg | 498,42 | 324,03 | 174,39 | 18,00 | 11,73 | 1,54 | 2,36 |
| 32% PD e 3.000 kcal/kg | 480,94 | 312,66 | 168,28 | 17,37 | 11,71 | 1,54 | 2,17 |
| 32% PD e 3.300 kcal/kg | 457,97 | 314,71 | 143,26 | 17,48 | 12,38 | 1,46 | 2,38 |

RBf: Receita bruta de filé; CPPf: Custo de produção parcial para filé; RLf: Receita Líquida com filé; PNf: Ponto de nivelamento para filé; PEF: Ponto de equilíbrio para filé; RBCf: Relação benefício/custo para filé; CR/kg ganho de filé: Custo da ração/kg de ganho de filé.

Capítulo IV

Implicações

Implicações

Muitos estudos encontrados na literatura têm destacado a importância de realizar trabalhos “em Campo”. Essa pesquisa objetivou minimizar impactos da ração utilizada na aquicultura; em primeiro momento, o impacto ambiental, devido o excesso de nutrientes não utilizados, principalmente N e P na eutrofização do ambiente; em segundo, o impacto no bolso do produtor, devido aos elevados preços ocasionados pelo alto teor protéico das dietas comumente utilizadas; e em terceiro lugar, o alto “custo metabólico” dos animais ao deparar com excesso de nutrientes na dieta, tão prejudiciais quanto o déficit.

Apesar da inquestionável relevância, devido a condução da pesquisa ocorrer nas condições climáticas e de manejo que as futuras rações serão utilizadas, algumas dificuldades na realização desses trabalhos devem ser ressaltadas.

Em primeiro lugar, destaca-se, para essa pesquisa, a dificuldade em encontrar empresas que pudessem processar as dietas, sendo muito tempo despendido após sucessivos contatos com fábricas de ração. Foram recebidas diversas respostas, tais como dificuldade em parar a fabricação das rações da própria fábrica; impossibilidade de entrada de dez fórmulas distintas para confecção; impossibilidade de confecção com os ingredientes por nós selecionados, entre outras. De maneira geral, algumas fábricas de pequeno porte abririam suas portas, mas somente se uma fórmula fosse confeccionada e se fosse utilizada para o processamento somente um, ou no máximo, dois dias.

Outra dificuldade, ainda em relação às fábricas, foi a qualidade dos ingredientes adquiridos. As empresas, na maioria das vezes, são responsáveis pela compra da matéria-prima, dessa forma, existe a possibilidade da equipe científica se deparar com ingredientes de má qualidade ou de origens distintas, falta de insumos nos dias de processamento, entre outros.

Ainda na fábrica, deve-se ter a precaução de submeter à extrusão quantidade de ração superior a necessária para a pesquisa. De maneira geral é aconselhado, no mínimo, o dobro de ração. Até que o técnico responsável pela extrusão acertasse a densidade e tamanho dos péletes (regulando-se a pressão, umidade e taxa de alimentação das máquinas), parte da ração foi perdida devido a baixa flutuabilidade. O

alto custo dessas rações, devido o preço dos ingredientes, processamento, sacaria e frete também devem ser considerados nesse tipo de investigação.

Com a ração pronta, deve-se ter um local próprio para o armazenamento da mesma, local este que deve ser limpo, seco e arejado. A maioria das pisciculturas da região de condução da presente pesquisa utiliza “containers” de ferro, que muitas vezes ficam expostos às intempéries e dessa forma apresentam orifícios, umedecendo as rações e impossibilitando seu uso.

Existem diversos tanques-rede de baixo volume no mercado, no entanto, para baratear custos, optou-se nessa pesquisa, pela fabricação dos mesmos. As estruturas de ferro foram confeccionadas por profissional e posteriormente as telas, tampas, comedouros e tambores de fixação, todos adquiridos de empresas distintas, foram fixados pela equipe científica. Conseguem-se reduzir o custo dos tanques-rede em aproximadamente 40%, no entanto, ressalta-se a dificuldade de fabricação (duas pessoas, após a armação estar pronta, fabricam em média, quatro tanques-rede/dia) e peso superior dos tanques-rede de fabricação própria em relação ao comercial (confeccionado em alumínio).

Durante o período de arraçoamento dos animais, destaca-se a impossibilidade de distribuição da ração em dias de chuva e/ou ventos fortes, o que fez com que, em alguns dias, algumas alimentações não pudessem ser realizadas, devido aos perigos na embarcação e excessivo desperdício de ração.

Outro ponto a ser destacado é a facilidade de furtos em experimentos de campo, o que demanda atenção especial. Dessa forma podem ser instaladas câmeras de segurança, luzes na balsa, contratação de vigias, presença de cachorros, entre outros.

Outro aspecto a ser ressaltado são as disparidades de condução das pesquisas. Encontra-se na literatura, em experimentos com proteína e energia, trabalhos em que os animais foram alimentados até a saciedade aparente; trabalhos em que a mesma quantidade de ração foi fornecida para todos os tratamentos e; trabalhos em que os animais iniciaram a pesquisa recebendo a mesma quantidade de ração e que, após determinado período, foram realizadas biometrias para ajuste da quantidade de ração de acordo com o desempenho proporcionado por determinado tratamento. Este último caso, encontrado nas pisciculturas, foi o adotado nessa pesquisa, com a finalidade de não prejudicar os animais que tiveram crescimento acelerado nas primeiras três semanas

(1ª biometria), que poderia ocorrer se uma menor quantidade de ração fosse fornecida e, também, não prejudicar a conversão alimentar dos peixes que não haviam crescido muito até a primeira amostragem, pois grande quantidade de ração poderia estar sendo fornecida, estando em excesso. Dessa forma, justifica-se esta metodologia por acompanhar o real desenvolvimento dos animais. Teve-se a precaução de realizar biometrias em, no mínimo, 20% dos animais de cada tanque-rede, o que é preconizado pela estatística.

As análises hematológicas mostraram-se ótimas ferramentas, auxiliando na determinação das exigências com base na saúde do animal e não somente no desempenho produtivo. A presença de desafios, tais como transporte, aliado à posterior estudo hematológico, demonstra o “estado” de saúde do animal frente a um agente estressor, muito comum nos sistemas intensivos de produção. No entanto, ressalta-se a dificuldade em deslocar todos os equipamentos, tais como espectrofotômetros, centrífugas refrigeradas, microscópios, freezers, entre vários outros.

Por fim, destaca-se a necessidade de proximidade entre a academia e as indústrias de ração. Esse “elo” há algum tempo começou a ser formado e hoje, pode-se perceber a participação do setor produtivo junto às Universidades, mesmo que, ainda, de maneira tímida.

Devido ao alto custo das pesquisas realizadas em campo, fundações, academia e indústrias da aquicultura caminharam juntas na execução desse trabalho. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de doutorado (processo 2009/54414-5); à Universidade Estadual Paulista – UNESP-Botucatu; ao MSc. João Manoel Cordeiro Alves, da GUABI Nutrição Animal e ao prof. Dr. Wilson Massamitu Furuya, pelo suporte Científico e; ao senhor Edgar Ishikawa, da Ajinomoto Animal Nutrition, pela doação dos aminoácidos, ficam os agradecimentos da equipe **AquaNutri**.