

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

**AUTOMAÇÃO DO FORNECIMENTO DE RAÇÃO E FRACIONAMENTO DA
RAÇÃO DIÁRIA PARA TILÁPIAS CRIADAS EM AMBIENTE
CONTROLADO COM DIETA BALANCEADA**

GABRIEL MORENO MARTINELI

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação
em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do
título de Mestre

BOTUCATU - SP

Janeiro - 2017

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

**AUTOMAÇÃO DO FORNECIMENTO DE RAÇÃO E FRACIONAMENTO DA
RAÇÃO DIÁRIA PARA TILÁPIAS CRIADAS EM AMBIENTE
CONTROLADO COM DIETA BALANCEADA**

GABRIEL MORENO MARTINELI

Zootecnista

Orientador: Prof. Dr. CLAUDIO ANGELO AGOSTINHO

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-graduação
em Zootecnia como parte das
exigências para obtenção do
título de Mestre

BOTUCATU - SP

Janeiro - 2017

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

Martineli, Gabriel Moreno, 1988-
M379a Automação do fornecimento de ração e fracionamento da ração diária para tilápias criadas em ambiente controlado com dieta balanceada / Gabriel Moreno Martineli. - Botu- catu : [s.n.], 2017
vi, 42 f.: grafs., tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2017
Orientador: Claudio Angelo Agostinho

Inclui bibliografia

1. Tilapia (Peixe). 2. Digestibilidade. 3. Desempenho. I. Agostinho, Claudio Angelo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

Ofereço

À Deus, pois nunca um obstáculo é grande demais quando acreditamos Nele.

Dedico

A minha família, meu bem mais precioso, em especial meus pais, Luiz Otávio e Terezinha, meu irmão Tiago e a meus avôs, Lurdes, Doraci e Otávio.

Agradecimentos Especiais

Ao Prof. Dr. Claudio Angelo Agostinho, por todos os anos de convivência, por ter me aceito como seu orientado, depositado confiança em mim, por todos os ensinamentos, conselhos, amizade, preocupações, puxões de orelha que contribuíram para a minha formação profissional e pessoal.

A Sueli, esposa do professor Claudio, que por muitas vezes me aconselhou, me ajudou e que sempre me recebeu em sua casa quando precisei de ajuda.

Agradecimentos

À Deus, pela dádiva da vida, por iluminar meu caminho, me dando força para superar as dificuldades e por me fazer manter a fé nos momentos mais difíceis e crer em um amanhã melhor.

Aos meus pais, Luiz Otavio Martineli e Terezinha Moreno Segundo Martineli, aos quais não tenho palavras para descrever sua importância em minha vida.

À meu irmão, Tiago Moreno Martineli pelo companheirismo e amizade.

À Paola Gentile Serpa, minha namorada, amiga e companheira, que sempre esteve presente ao meu lado, nos momentos bons e ruins.

Aos meus grandes amigos do Setor de Aquicultura, Anderson, Célio, Junior, Daniel, Cecília, Raphaela, pela grande ajuda na montagem, biometrias, digitação, que sem a ajuda deles seria impossível à concretização desse trabalho.

Aos amigos, João e Obedias, funcionários do Setor de Aquicultura, pelo apoio, contribuição na minha formação profissional e por todas as churrascadas que participamos.

Aos meus amigos; Fabíola, Guilherme, Guilherme, Hinglidj, Everton, Mayara, Juliana, Tatiane, Lívia, Filipe.

À Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” e ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia pela oportunidade da realização do curso.

A CAPES pelo apoio financeiro fornecido através da concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Programa de Pós-graduação que se dedicaram em transmitir seus conhecimentos e experiências para o meu crescimento.

Aos funcionários do departamento de Produção Animal, em especial os secretários Renato e Claudio, que me sempre me ajudaram quando precisei.

À Luis Carlos Fernandes, por todos os conselhos aos quais me deu.

Às secretárias da Pós-Graduação, Seila Cristina Cassineli Vieira e Ellen Cassemiro.

À Gisele pela ajuda em minha análises laboratoriais.

Aos funcionários da Fábrica de Ração da FCAV/Unesp, Campus de Jaboticabal pela colaboração nas confecções das rações experimentais.

Aos Professores Doutores. Aulus Cavalieri Carciofi, Dirley Antonio Berto, José Roberto Sartori, Marcos Livio Panhoza Tse e Luis Edivaldo Pezzato.

À Pedro Gibim Castelo, por me ajudar conseguir os ingredientes das minhas rações experimentais.

À Peterson Pacheco e Thaíla Putarov que nos ajudaram a confeccionar as rações experimentais.

Às empresas MCassab Tecnologia Animal e SeLecta pelo fornecimento dos ingredientes para confecção das minhas dietas experimentais.

À toda minha família, por toda a paciência, incentivo, força, apoio e principalmente pelo carinho, em especial meus pais e irmão, que sempre fizeram de tudo para estarem sempre presentes.

A todos que de alguma maneira me ajudaram, direta ou indiretamente.

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Fórmula e composição nutricional analisada da dieta em 100% de matéria seca.....	25
Tabela 2. Parâmetros de processamento da ração.....	26
Tabela 3. Peso médio final (PMF), ganho médio de peso (GMP), conversão alimentar aparente (CAA) e coeficiente de digestibilidade da proteína de tilápias Supreme alimentadas por 56 dias com diferentes frequências alimentares.....	30
Tabela 4. Média dos índices hepatossomático (IHS) e lipossomático (ILS) aos 56 dias de experimento.....	31
Tabela 5. Morfologia intestinal de tilápias da linhagem Supreme aos 56 dias de experimento.....	31
Tabela 6. Níveis de glicose sanguínea (NGS) e índice de repleção gástrica (IRG) de tilápias da linhagem Supreme aos 56 dias de experimento.....	32
Tabela 7. Médias da matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) das carcaças de tilápias da linhagem Supreme aos 56 dias de experimento.....	33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Níveis de glicose sanguínea (mg/dl) em tilápias comparadas dentro do próprio tratamento em três diferentes horários (9h, 12h e 18h).....	32
---	----

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO I.....	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	2
1. <i>Panorama da aquicultura no Brasil</i>	2
2. <i>Criação da tilápia</i>	2
3. <i>Desafios da aquicultura</i>	3
4. <i>Mecanização e automação na aquicultura</i>	5
5. <i>Sistemas de alimentação automática na piscicultura</i>	7
6. <i>Uso de controladores lógico programáveis</i>	8
7. <i>Manejo alimentar</i>	10
8. <i>Digestibilidade e morfometria intestinal</i>	12
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15
CAPÍTULO II.....	19
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	23
Resultados.....	30
Discussão.....	33
CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	37
CAPÍTULO III.....	41
IMPLICAÇÕES.....	42

Capítulo I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1. Panorama da aquicultura no Brasil

O pescado é uma fonte de proteínas e nutrientes essenciais para a alimentação humana, além de ser um dos alimentos mais comercializados mundialmente. Os dados divulgados pela FAO (2016) mostram que a produção aquícola mundial fornece aproximadamente 73,8 milhões de toneladas, e a pesca extrativista, 93,4 milhões de toneladas, totalizando 167,2 milhões de toneladas de pescado por ano. Em 2016 a FAO registrou 580 espécies aquáticas destinadas a produção no mundo, sendo 362 espécies de peixes, 104 de moluscos, 62 de crustáceos, 6 de rãs e 37 de plantas aquáticas, sendo que o cultivo das tilápias está presente em 135 países.

O consumo humano de pescados no mundo foi de 146,3 milhões de toneladas em 2015, valor superior a 20,1 kg por habitante. Em contra partida, a média de consumo *per capita* pelos brasileiros em 2015 foi em torno de 9,6 kg, porém comparados com os 6,5 kg per capita consumidos em 2003, houve um aumento significativo do consumo. A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda o consumo de 12 kg/hab/ano.

O Brasil encontra-se entre os 14 maiores produtores mundiais de pescado, com uma produção de pouco mais de 562,5 mil toneladas, sendo 84,4% proveniente da piscicultura de água doce, 11,5% da carcinicultura e 3,9% da criação de moluscos. A produção brasileira representa pouco mais de 1% da produção mundial, liderada pela China (58,16%) (FAO, 2016).

2. Criação da tilápia

A tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), pertencente à família dos ciclídeos, é originária da bacia do rio Nilo, no Leste da África e encontra-se amplamente distribuída nas regiões tropicais, no Sudeste Asiático e no Continente Americano (CARVALHO, 2006). É uma das espécies mais promissoras para a piscicultura, devido ao seu rápido crescimento e rusticidade em sistema intensivo (SANTIAGO et al., 1987).

O início dos estudos relacionados à criação da tilápia *Oreochromis niloticus* ocorreu no início do século XIX, no Zaire. No início do século XX a produção desta

espécie aumentou e sua criação foi difundida em outras áreas do planeta (COSTA, 2016). Foi introduzida no Brasil em 1971, por intermédio do Departamento Nacional de Obras Contra a Seca do nordeste (DNOCS), espalhando-se para todo o país (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994).

Segundo Pedroza Filho et al. (2015), a produção aquícola brasileira baseia-se principalmente na criação da tilápia e do camarão marinho (*Litopenaeus vannamei*), fazendo com que o Brasil atinja a posição de segundo maior produtor sul-americano. Segundo a FAO (2016), o Brasil já se encontra como o quarto maior produtor de tilápia do mundo, com produção de aproximadamente 300 mil toneladas por ano.

Vários fatores foram importantes para o aumento da produção de tilápias no território brasileiro, dentre eles destacam-se o aumento da produção de alevinos masculinizados, a utilização de parques aquícolas dentro de grandes represas públicas para a instalação de criações em tanque rede, a escolha por linhagens de melhor potencial genético, a formulação de dietas de melhor qualidade e a aceitabilidade do filé pelo consumidor brasileiro (COSTA, 2016).

O cultivo em tanques-rede permite o uso de áreas alagadas inexploradas pelos outros sistemas de criação, sendo principalmente praticada em reservatórios de médio e grande porte. A criação de peixes em tanques-rede impulsiona a prática da piscicultura a pequenos produtores ou pescadores profissionais, devido ao baixo investimento inicial desta modalidade de criação se comparadas às demais, como *raceways* e viveiros escavados (MASSAGO, et al., 2010). Rocha et al. (2013) afirmam que a produção de peixes em tanques-rede foi o principal fator que impulsionou o crescimento da aquicultura mundial na década de 80.

Os sistemas de produção de peixes se diferenciam de acordo com grau de interferência do homem na criação (densidade dos animais alocados, nos diferentes manejos adotados e a utilização de insumos), das trocas de água na criação e da produtividade.

3. Desafios da aquicultura.

O Brasil apresenta grande potencial para a aquicultura, possui clima adequado, dimensão continental com grande diversidade de biomas e imensa biodiversidade, que

abriga muitas espécies de peixe com potencial zootécnico. Portanto, investimentos em pesquisa e inovação na aquicultura são fundamentais para o desenvolvimento tecnológico com intuito de melhorar a competitividade e sustentabilidade desta atividade no Brasil (ROCHA et al., 2013).

Entre os desafios da aquicultura podem ser destacados: a necessidade da elaboração de normas de biossegurança que estabeleçam padrões sanitários; a coordenação entre os elos da cadeia produtiva; a necessidade de fiscalização de todo o processo de produção, desde a larvicultura ao abate dos animais; a disponibilidade de mão-de-obra qualificada na piscicultura; e as dificuldades técnicas relacionadas ao manejo e às características específicas do pescado. Outro desafio que não se restringe apenas ao setor aquícola é a infraestrutura no Brasil. O transporte, logística e energia elétrica, principalmente em regiões mais longínquas, como em parques aquícolas afastados ainda apresentam carência (SIDONIO et al., 2012).

Uma das maiores dificuldades encontradas nas criações intensivas de peixes, especialmente a criação em tanques rede, é o fornecimento da ração, pois a ração precisa ser distribuída em quantidades pré-estabelecidas em vários tanques. Algumas pisciculturas possuem mais de 1.000 tanques e para o fornecimento da ração são necessários vários deslocamentos com barco, do depósito de ração que se encontra na margem, até a criação, a qual pode estar localizada de 200 metros até a alguns quilômetros de distância da margem. Deste modo, o fornecimento de ração geralmente é limitado a um pequeno número de refeições diárias devido à essas distâncias e também às condições do ambiente, como as chuvas que dificultam a chegada até os tanques. Portanto, nestas condições quanto maior o número de refeições maior o custo para distribuir a ração.

A ração comercial utilizada em pisciculturas comerciais é extrusada, e o processo de extrusão teve grande importância no desenvolvimento da atividade, pois a ração flutua por mais de 12 horas, facilitando o controle do consumo. Entretanto, como a ração é lançada na superfície da água, se permanecer na água por muito tempo sem ser ingerida, perde a palatabilidade, perde nutrientes, principalmente minerais e vitaminas, por lixiviação (TEIXEIRA et al., 2008). Portanto, além da ração ter que apresentar boa digestibilidade, é muito importante o fornecimento de maneira correta, e na quantidade certa, de modo que não haja desperdício, diminuindo o impacto da criação sobre o meio

ambiente. Além disso, o desperdício com ração compromete os custos de produção, pois, segundo Teixeira (2008), os gastos com alimentação representam cerca de 60% do total das despesas na criação de tilápias.

A quantidade de ração a ser oferecida geralmente é baseada na idade dos peixes que estão sendo criados, desta maneira, juvenis com peso de 5 a 6g podem consumir até 10% do seu peso vivo, enquanto peixes em terminação com peso médio de 800 a 1.000g consomem 1% de seu peso vivo em média. Além da variação no consumo de acordo com o tamanho do peixe, o consumo sofre grande influencia da temperatura e oxigênio dissolvido na água, portanto, uma melhor conversão alimentar depende muito da experiência do tratador e sua capacidade de corrigir a oferta de ração conforme diminui a temperatura da água e o oxigênio dissolvido.

4. Mecanização e automação na aquicultura

Ao longo das últimas décadas, a avicultura de corte tem sido pioneira de grandes avanços tecnológicos, especialmente em ambiência, nutrição e manejo alimentar. A mecanização dos galpões de avicultura possibilitou grande economia na mão-de-obra com a utilização da alimentação automática, facilitando o abastecimento dos comedouros por meio de sistemas de roscas sem fim, esteiras ou correntes. A diminuição da mão-de-obra possibilitou que um único funcionário cuidasse de mais de 60.000 aves. No caso da avicultura a ração permanece disponível no comedouro e a ave controla sua ingestão diária. Na piscicultura ração para peixes é oferecida na superfície da água e permanece flutuando, porém quanto mais tempo permanece na água, maiores são as perdas de nutrientes por lixiviação. Portanto, a utilização da alimentação automática na piscicultura será um importante avanço no fornecimento de ração, pois a ração diária poderá ser fornecidas em pequenas porções e consumidas rapidamente pelos peixes.

A mecanização da alimentação de organismos aquáticos tem evoluído de forma diferente na estocagem, transporte e no fornecimento da ração aos peixes. Na maioria das vezes houve aproveitamento da tecnologia com adaptação das instalações e equipamentos que já vinham sendo usadas há anos na produção de outros animais domésticos (MULLER, 1984). Existem vários modelos de alimentadores sendo usados

na aquicultura. Suas diferenças estão relacionadas à espécie criada, a idade dos peixes (diferentes tipos de alimentadores são necessários para larvas, juvenis e peixes em terminação) e ao tipo de ração que será fornecida (pó, granulada ou úmida).

Os alimentadores de demanda foram os primeiros a serem desenvolvidos, não necessitam de energia, pois são acionados de forma mecânica pelos próprios peixes de acordo com o apetite. Podem ser divididos em dois grupos principais, sendo que ambos possuem um reservatório onde a ração diária é armazenada. O que difere os dois grupos são os sistemas de liberação da ração: tipo “pendulo”, que consiste em um tubo com um pêndulo na extremidade superior e com a extremidade inferior mergulhada na água, que passa pelo centro da boca do silo, mantendo a saída fechada enquanto está centralizado. Toda vez que o peixe toca no tubo e tira o pêndulo do centro ocorre a liberação de ração. Ressalta-se que os peixes pequenos não conseguem acioná-lo, além disso, quando alcançam tamanho suficiente precisam ser treinados; o outro tipo de alimentador de demanda são os alimentadores com “pratos submersos” em que a saída do reservatório sempre se fecha devido ao peso da ração nos pratos e sempre que acaba a ração nos pratos a saída do alimentador se abre e dispensa ração novamente (MULLER, 1984).

Outra opção mecânica de fornecimento de ração aos peixes são os alimentadores automáticos cujo funcionamento depende de energia elétrica. Este equipamento possui um reservatório com uma saída na parte inferior controlada por um sistema eletromecânico que libera a ração. O tempo em que o mecanismo permanece ligado determina a quantidade de ração por refeição e o tempo entre refeições estabelecerá a frequência diária de alimentação. O mecanismo que dispensa a ração do reservatório pode ser constituído por motores ou vibradores controlados por temporizadores (MULLER, 1984).

A necessidade de alimentação automática inicia-se na larvicultura, os animais devem receber ração em pó, que deve ser fornecida em alta frequência, caso contrario encharca e afunda. O fornecimento de ração em pó apresenta algumas dificuldades mecânicas, inviabilizando o uso dos alimentadores automáticos desenvolvidos para ração granulada, que neste caso, devem apresentar mecanismos adequados para dispensar ração em pó, como por exemplo, os alimentadores tipo esteira ou rosca sem fim.

O ambiente onde os alimentadores automáticos são utilizados também influencia na sua forma e funcionamento. Na criação experimental de peixes em aquários os alimentadores geralmente são instalados sobre os aquários, geralmente possuem pequeno volume e precisa ter a capacidade de dispensar com precisão pequenas quantidades de ração por refeição, pois geralmente os experimentos são realizados com pequeno número de peixes por aquário. Em criações realizadas em viveiros, os alimentadores podem ser instalados na margem e necessitam de um mecanismo de lançamento da ração a partir da margem.

Vários modelos de alimentadores automáticos para peixes já foram patenteados, cada um apresentando novas ideias relacionadas ao mecanismo de liberação da ração, volume do reservatório e fonte de energia, entretanto poucos podem ser usados diretamente sobre tanques rede. A seguir estão apresentados os modelos que foram desenvolvidos com este propósito, isso é, dispensam a ração ao invés de lançarem. Agostinho et al. (2004) desenvolveram um “Dispensador automático de ração – PI 0403612-3A” com um reservatório que possui saída afunilada parcialmente fechada por um disco fixado ao eixo de um motor de baixa rotação, acionado por dois temporizadores, definindo a quantidade de ração por refeição e o intervalo entre refeições. Agostinho et al. (2010) desenvolveram “Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral- PI 1005536-3 A2”, especialmente desenvolvido para a criação de peixes em tanques rede, cuja fonte de energia é fotovoltaica possibilitando sua utilização longe da margem, onde não há energia elétrica convencional.

5. Sistemas de alimentação automática na piscicultura

A alimentação automática ainda é pouco utilizada na maioria das pisciculturas em todo o mundo, pois seu uso geralmente se restringe a grandes pisciculturas. A China, maior produtor mundial de pescado, se destaca no uso de alimentação automática, sendo que a maioria dos criadores de tilápias neste país utiliza alimentação automática (Liu et al. 2013).

A alimentação manual é eficiente em pequenas pisciculturas, pois possibilita o monitoramento do comportamento alimentar e facilita o ajuste da oferta de ração de acordo com o consumo. Entretanto a alimentação automática pode ser a melhor opção

para a piscicultura intensiva, pois reduz a mão-de-obra e facilita o oferecimento de uma grande quantidade de ração com precisão da oferta. A escolha e complexidade dos sistemas de alimentação automática dependem da espécie cultivada, do tamanho do peixe e do sistema de cultivo (KAUSHIK, 2013).

Até o momento, a maioria das técnicas usadas na alimentação automática baseia-se em detectar a saciedade por meio da quantificação da sobra por meio de sensores e câmeras de modo que após a constatação da sobra a oferta de ração é interrompida. Nas espécies de peixes em que há hierarquia de alimentação, os alimentadores automáticos controlados por computador usando vídeos ou sensores infravermelhos para monitorar o consumo podem ser eficientes para garantir que todos os peixes sejam alimentados até a saciedade. Por exemplo, enquanto o salmão do Atlântico (*Salmo salar*) dominante se alimenta vorazmente na superfície e alcança a saciedade rapidamente, os peixes subdominantes que comem na coluna inferior da água, demoram mais tempo para chegar à saciedade. Os sistemas de monitoramento para alimentadores automáticos garantem que tanto os peixes dominante como subdominante se alimentem até a saciedade (ROBB; CRAMPTON, 2013).

O sistema de alimentação automático que vem sendo desenvolvido no Brasil e (SOUSA et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2016) baseia-se na estimativa do consumo com base na curva de estimam o consumo com base na curva de crescimento e conversão alimentar de safras anteriores. A ração é oferecida tomando-se como base as taxas de alimentação definidas na literatura para cada faixa de peso vivo médio dos peixes. Desta maneira, a oferta diária de ração fracionada em várias refeições dificilmente resultará em sobras, a não ser que ocorram quedas de temperatura influenciando o consumo.

A temperatura é um dos principais fatores que influenciam na taxa de crescimento dos peixes, por interferir no metabolismo, na quantidade de oxigênio da água, no consumo de oxigênio e na atividade alimentar (CAMPANA et al., 1996). Um dos maiores desafios da alimentação automática para peixes é o ajuste da oferta de ração calculada com base nas tabelas de fabricantes de ração, pressupondo temperaturas dentro da faixa de conforto térmico da tilápia, mas que estão sujeitas a variações devido às frentes frias.

6. Uso de controladores lógico programáveis

O Controlador Lógico Programável – CLP – começou a ser desenvolvido na General Motors, em 1968, devido a grande dificuldade em mudar a lógica de controle dos painéis de comando a cada mudança na linha de montagem. Tais mudanças implicavam em altos gastos de tempo e dinheiro (DEVES et al., 2012).

Os CLPs são equipamentos eletrônicos utilizados em sistemas de automação flexível. São versáteis para aplicações em sistemas de acionamentos e controle, e por isso são utilizados em grande escala no mercado industrial. Permitem desenvolver e alterar facilmente a lógica para acionamento das saídas em função das entradas. Desta forma, pode-se associar diversos sinais de entrada para controlar diversos atuadores ligados nos pontos de saída (PINTO, 2008).

Agostinho et al. (2014) desenvolveram um sistema de automação para organismos aquáticos com CLP e um software (Aqui-o-matic) que regula a quantidade de ração diária de acordo com o ganho de peso, estimado por uma conversão alimentar esperada, e ajusta a oferta de acordo com a temperatura da água e ou oxigênio dissolvido. O sistema proposto por esses autores possibilita o fornecimento de ração em tanques-rede com maior precisão, diminuindo a interferência do tratador no fornecimento de ração. Entretanto, o sistema ainda depende de informações referentes ao consumo de ração em função da temperatura e oxigênio dissolvido. Atualmente, os ajustes são feitos pelo CLP com base nas tabelas existentes na literatura e as tabelas dos fabricantes de ração para peixes.

Castro et al. (2014) utilizaram o sistema proposto por Agostinho et al. (2014) para corrigir a oferta de ração diariamente para rãs-touro de acordo com o ganho de peso diário estimado por uma conversão alimentar esperada, obtendo resultados semelhantes entre a curva de crescimento obtida e a esperada, com peso final estimado e obtido aos 4 meses de cultivo 350g e 330g, respectivamente.

Na produção de peixes, primeiras informações obtidas para o ajuste da oferta de ração de acordo com a variação de temperatura foram realizadas por Carmelin Junior (2014). O autor testou taxas de alimentação de 3 a 6% do peso vivo de alevinos de tilápias em sistema de criação intensivo durante o inverno, corrigindo 10% da quantidade de ração oferecida para cada grau abaixo de 25 °C. As taxas de 5 e 6% de

peso vivo com ajuste da oferta de acordo com a temperatura resultaram em melhor crescimento durante os meses frios.

Na maior parte do território brasileiro onde a tilápia é cultivada (centro-oeste, sul e sudeste) ocorrem oscilações de temperatura devido a frentes frias, principalmente no outono, inverno e primavera. Portanto, o oferecimento de ração nestes períodos está sujeito a variações diárias do consumo não previstas nas tabelas de alimentação. Novos ensaios com tilápias criadas em diferentes faixas de peso ainda precisam ser realizados com o intuito de fornecer dados para a elaboração de novas tabelas com correções da oferta de acordo com a temperatura.

7. Manejo alimentar

A quantidade de refeições diárias oferecida na produção de tilápias na maioria das vezes leva em consideração os recursos de mão-de-obra existentes na piscicultura. Geralmente, a ração é oferecida de duas a quatro vezes ao dia, para não aumentar o custo de produção. Entretanto, considerando-se o hábito alimentar natural planctófago da tilápia, o oferecimento de maior número de refeições é esperado, pois na natureza essa espécie se alimenta constantemente. Na maioria dos casos, a quantidade de ração que deve ser fornecida diariamente a um lote de peixes é estimada a partir da quantificação da ração oferecida até a saciedade e em seguida calcula-se 80% desta quantidade como suficiente para a boa alimentação dos peixes (PEZZATO et al., 2004a). O intuito de determinar o número de refeições diárias que os peixes devem receber, geralmente estão vinculadas ao oferecimento até a saciedade (PEZZATO et al., 2004a). Desta maneira, quando a ração é oferecida até a saciedade, o estomago permanecerá cheio por um longo tempo, pois, em função do tamanho da refeição a digestão é mais demorada.

Estudos com frequência alimentar vêm sendo realizados para ampliar os conhecimentos sobre o ritmo de alimentação dos peixes, para fins de melhorar o aproveitamento da ração. Jobling et al. (1983) concluíram em seu trabalho que o aumento da frequência alimentar, foi responsável por uma maior uniformidade no lote de truta do ártico, (*Salvelinus alpinus* L), pois ao aumentar a disponibilidade de

alimento, houve uma ligeira quebra da dominância, pois os dominantes se saciavam, abrindo caminho para os demais se alimentarem.

A quantidade diária de ração a ser oferecida a um lote de peixes é baseada na idade dos peixes e na biomassa, entretanto o consumo e a eficiência alimentar são influenciados pela temperatura e oxigênio dissolvido na água. Na alimentação manual dificilmente, o tratador consegue corrigir a oferta diária de ração de acordo com a variação dos parâmetros da água. Ressalta-se que esta dificuldade pode levar ao oferecimento de ração em excesso, que além do desperdício devido às sobras, podem aumentar a taxa de passagem do alimento pelo trato digestório, diminuir a digestibilidade e comprometer a absorção de nutrientes (FERNANDEZ et al., 1998).

Em uma comparação de alimentação automática com alimentação manual Valente et al. (2001) observaram que o fracionamento da alimentação para trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) usando alimentadores automáticos melhorou o ganho de peso em 19% em relação a alimentação manual. Yamamoto et al. (2002) afirma que a alimentação automática é viável na criação de trutas pois o fracionamento da ração diária melhora o desempenho. Shima et al. (2003) observaram um maior acesso ao alimento entre as trutas arco-íris *Oncorhynchus mykiss*, quando a frequência alimentar foi aumentada, melhorando a uniformidade do lote.

Oliveira et al. (2016) utilizando alimentação automática na produção de tilápias, verificaram que quando a ração diária é oferecida em alta frequência (48 refeições) é possível aumentar a taxa de alimentação sem desperdícios, e diminuir o tempo de recria. O autor testou taxas de 2, 3 e 4% do peso vivo para a engorda de tilápias com peso inicial de 200 até 600g, o elevado número de refeições fornecidas resultou em melhor desempenho. Uma característica muito importante do sistema de criação de peixes em tanque-rede é a total dependência do sistema de alimentação para a garantia do sucesso da produção, devendo-se adotar assim, além de dietas balanceadas e adequadas à espécie e fase de cultivo, técnicas de alimentação ajustadas às condições de cultivo (SCHIMITTOU, 1997).

Sousa et al. (2012) em estudo de juvenis de tilápias em tanques-rede, verificaram que o melhor desempenho produtivo ocorreu quando alimentadas a cada hora em comparação com as que receberam ração de duas em duas horas. Os autores também relatam que maior frequência de alimentação, desde que mantida a taxa de alimentação

correta, aumenta a disponibilidade da ração, reduz a competição pelo alimento, aumenta a uniformidade do lote proporciona melhor desempenho das tilápias e diminui o desperdício de ração possibilitando aumento da produtividade de 2,5 a 3,2 vezes.

Usando controladores lógicos programáveis (CLP) e o programa “Aqui-O-Matic” desenvolvido por Agostinho (2014), Castro et al. (2014) testaram o sistema de automação para controlar alimentadores automáticos instalados sobre baias de rãs, programados para fornecer ração de acordo com peso médio das rãs (3% do peso vivo) com três frequências de alimentação (24, 48 e 96 refeições / dia). Os resultados indicaram que o uso de alta frequência de alimentação (96 refeições / dia) melhorou a RCF da produção de rãs com conseqüente redução de resíduos de ração.

Já que a ração é responsável pela maior parte dos custos de produção, o manejo alimentar inadequado pode diminuir consideravelmente os lucros, mesmo com uma ração de excelente qualidade. A automação do fornecimento de ração diminui a interferência do tratador no manejo alimentar, facilitando os ajustes no fornecimento diário de ração de acordo com o ganho de peso e permite o aumento no número de refeições sem aumentar os custos de produção.

8. Digestibilidade e Morfometria intestinal

O valor nutritivo de uma dieta depende de determinados fatores, como seu conteúdo em nutrientes e da capacidade do animal em ingerí-los e absorvê-los. A dieta pode variar em função da espécie, das condições ambientais em que está sujeita, quantidade e qualidade do nutriente disponível (PEZZATO et al., 2004b). Alimentos com composições químicas semelhantes podem apresentar diferentes coeficientes de digestibilidade (PEZZATO et al., 2002; FURUYA et al., 2001)

Os coeficientes de digestibilidade dos alimentos são determinados por medidas feitas pela coleta das fezes (PORTZ, 2001).

Segundo Andrigueto et al. (1990), a digestibilidade de uma dieta é definida como a capacidade de digerir e utilizar a energia e os nutrientes presentes nos alimentos. As diferentes espécies animais aproveitam de diferentes formas os alimentos, sendo essa variação determinada por meio de seus coeficientes de digestibilidade. Dessa forma, a

digestibilidade aparente descreve a parte do nutriente ou da energia do alimento ingerido que não é excretado nas fezes (SOUSA, 2010).

Argentim (2012) determinou os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e proteína bruta pelo jundiá (*Rhamdia quelen*) alimentados, com dois níveis de proteína bruta (28 e 32%) fornecidos sob diferentes programas alimentares (três ou 24 vezes ao dia). O autor não encontrou diferença significativa nos valores de digestibilidade entre os dois métodos de análise utilizados dióxido de silício (SiO₂) ou óxido de crômio (Cr₂O₃) (0,1%), já o aproveitamento das dietas foi melhor, quando os jundiás foram alimentados 24 vezes ao dia.

A eficiência alimentar depende de fatores inerentes à espécie, tais como, hábito alimentar, necessidades nutricionais e fisiológicas; e de fatores inerentes à dieta: composição bromatológica e disponibilidade dos nutrientes presentes nos ingredientes escolhidos para elaboração da dieta (GENOVEZ, 2014).

O sistema digestório das tilápias compreende o trajeto da boca até o ânus e pode ser dividido em intestino anterior (esôfago e estômago), médio (intestino propriamente dito) e posterior (reto) (ROTTA, 2003). Ao longo do intestino, podem-se observar os vilos, evaginações da mucosa (epitélio e lâmina própria) que se projetam na luz do intestino, aumentando a área de superfície na digestão e absorção intestinal (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004). A mucosa intestinal de peixes teleósteos é considerada de grande importância em seus processos digestivos, absorptivos e metabólicos (KUPERMAN, 1994).

O intestino dos peixes é caracterizado por ser um tubo relativamente simples, iniciando-se na válvula pilórica e terminando no reto, não sendo dividido em delgado e grosso, como nos mamíferos (GENOVEZ, 2014). Além da função de digestão e absorção, o intestino pode desempenhar outras funções, como auxiliar na osmorregulação ou na respiração. Há uma grande variedade de estruturas especializadas encontradas no intestino nas diferentes espécies de peixes (SILVEIRA, 2009). Portanto, o estudo da morfologia intestinal e seu relacionamento com a dieta e com o manejo alimentar pode fornecer importantes informações para melhorar o manejo nutricional.

Com base nestas informações, este estudo está apresentado no capítulo II intitulado: “Efeito da frequência alimentar no desempenho, na digestibilidade da proteína e na morfologia intestinal de tilápias criadas em ambiente controlado”. A

redação deste capítulo foi realizada de acordo com as normas de publicação da revista *Aquaculture Research*.

Referências Bibliográficas

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**: as bases e os fundamentos da nutrição animal – os alimentos. 4. ed. São Paulo: Editora Nobel, 1990. 395 p.

AGOSTINHO, C. A. et al. **Aqui o Matic**: Programa para a automação do fornecimento de ração para peixes e rãs com base nas variações da temperatura da água, no oxigênio dissolvido e no ganho diário de peso estimado com base na conversão esperada. Registro de programa INPI. 2014.

AGOSTINHO, C. A. et al. **Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral**. BR n. PI 1005536-3 A2, 03 dez. 2010.

AGOSTINHO, C. A. et al. **Dispensador automático de ração**. BR n. PI 0403612-3A, 23 ago. 2004.

ARGENTIM, D. **Frequência alimentar e níveis de energia e proteína no desempenho de *Rhamdia quelen* e na digestibilidade determinada com marcador interno e externo**. 2012. 45 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2012.

CAMPANA, S. E. et al. Reply: spatial implications of a temperature-based growth model for Atlantic cod (*Gadus morhua*) off the eastern coast of Canada. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, Nova Escocia, v. 53, p. 2909-2911, 1996.

CARMELIN JUNIOR, C. A. **Sistema automatizado de alimentação de juvenis de tilápia**. 2014. 44 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

CARVALHO, E. D. **Avaliação dos impactos da piscicultura em tanques-rede nas represas dos grandes tributários do alto Paraná (Tietê e Paranapanema): o pescado, a ictiofauna agregada e as condições limnológicas**. Botucatu: [s.n.], 2006. 46 p. Relatório Científico FAPESP.

CASTRO, C. S. et al. Polyculture of frogs and tilapia in cages with high feeding. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 61, p. 43-48, 2014.

COSTA, T. D. et al. **Qualidade microbiológica e perfil de sensibilidade antimicrobiana dos isolados de tilápias (*Oreochromis spp.*) De pesque-pague da microrregião do estado de São Paulo**. 2016. 93 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.

DEVES, C. L. et al. Inovação em processos de manufatura em uma indústria de agronegócios. In: FÓRUM INTERNACIONAL ECOINNOVAR, 5., 2012, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: 2012.

FAO. **The State of world fisheries and aquaculture**. Rome, 2016.

FERNANDES, J. B. K. et al. Fontes e níveis de proteína bruta para alevinos e juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). In: AQUICULTURA BRASIL, 2., 1998, Recife. **Anais...** Recife: ABRAq, 1998. p. 10.

FURUYA, W. M. et al. Coeficiente de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, p.1143-1149, 2001.

GENOVEZ L. W. **Estresse de dominância e respostas metabólicas da tilápia-do-Nilo**. 2014. 66 f. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

HONORATO, C. A. et al. Histologia e histoquímica do intestino anterior de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com dietas contendo silagem de peixe. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, Pirassununga, v. 48, n. 4, p. 281-288, 2011.

JOBLING, M. Effect of feeding frequency on food intake and growth of Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* L. **Journal Fish Biology**, London, v. 23, p. 177-185, 1983.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Histologia básica**. 10 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 488 p.

JOMORI, R. K. et al. Economic evaluation of *Piaractus mesopotamicus* juvenile production in different rearing systems. **Aquaculture**, Jabotical, v. 243, p. 175-183, 2005.

KAUSHIK, S. J. Feed management and on-farm practices of temperate fish with special reference to salmonid. **Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, Rome, n. 583. p. 585, 2013.

KUPERMAN, B. I. The ultrastructure of the intestinal epithelium in fishes with different types of feeding. **Journal of Fish Biology**, London, v. 44, n. 2, p. 181-193, 1994.

LIU, J. et al. On-farm feed management practices for the Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in southern China. **Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, Rome, n. 583, p. 585, 2013.

MASSAGO, H. et al. Crescimento de quatro linhagens de tilápia *Oreochromis niloticus*. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 397-403, 2010.

MULLER, F. et al. Net cage culture of bester (a hybrid of *Huso huso* × *A. ruthenus*). In Freshwater Cage for Fish. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/X5744E/x5744e0g.htm#TopOfPage>. Acesso em: 21 de novembro 2016.

OLIVEIRA, F. A. et al. Automatic feeders for Nile tilapia raised in cages: productive performance at high feeding frequencies and different rates. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 68, n. 3, p. 702-708, 2016.

OLIVEIRA DA SILVA, I. J. **Automação dos sistemas para aumento do conforto animal**. 2007. 140 f. Tese (Livre Docência em Construções Rurais)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PEDROZA FILHO, M. X. et al. Análise comparativa de resultados econômicos dos polos piscicultores no segundo trimestre de 2015. **Ativos Aquicultura**, Brasília, v. 5, n. 1, p. 1-6, 2015.

PEZZATO, L. E. et al. Nutrição de peixes. In: CYRINO, J. E. P. et al. (Ed.). **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: TecArt, 2004a. p. 75-169.

PEZZATO, L. E. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 329-337, 2004b.

PEZZATO, L. E. et al. Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1595-1604, 2002.

PINTO, P. H. **Funcionamento de um controlador lógico programável (CLP)**. [S.l.: s.n.], 2008. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/91305696/20080703-7439-Funcionamento-de-Um-CLP>>. Acesso em: 10 out. 2016.

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de piscicultura tropical**. Brasília, DF: IBAMA, 1994. 196 p.

ROBB, D. H. F.; CRAMPTON, V. O. On-farm feeding and feed management in aquaculture. **Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, Rome, n. 583, p. 489-518, 2013.

ROCHA, C. M. C. et al. Avanços na pesquisa e desenvolvimento da aquicultura brasileira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, p. 4-5, 2013.

ROTTA, M. A. **Utilização do ácido ascórbico (vitamina C) pelos peixes**. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 54 p.

SANTIAGO, C. B.; ALDABA, M. B.; REYES, O. F. Influence of feeding rate and diet form on growth and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 64, n. 2, p. 277-282, 1987.

SANTOS, V. B. et al. Rendimento do processamento de linhagens de Tilápias (*Oreochromis niloticus*) em função do peso corporal. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 554-562, 2007.

SILVEIRA, U. S.; LOGATO, P. V. R.; PONTES, E. C. Fatores estressantes em peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, Viçosa, v. 6, n. 4, p. 1001-1017, 2009.

SOUSA, R. M. R. et al. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 64, p. 192-197, 2012.

SOUSA, R. M. R. **Qualidade da água e desempenho produtivo da Tilápia do Nilo alimentada em diferentes frequências e períodos por meio de dispensador automático**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

SIDONIO, L. et al. Panorama da aquicultura no Brasil: desafios e oportunidades. **Agroindústria: BNDES Setorial**, Brasília, n. 36, p. 179-218, 2012.

SCHMITTOU, H. R. Produção de peixes em alta densidade em tanques-rede de pequeno volume. Campinas: Associação Americana de Soja; Mogiana Alimentos S.A., 1997. 78 p.

SHIMA, T. et al. Effect of the response interval of self-feeders on the self-regulation of feed demand by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fry. **Aquaculture**, Tamaki, v. 224, p. 181-191, 2003.

TEIXEIRA, E. A. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis* sp.). **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 9, n. 2, p. 239-246, 2008.

VALENTE, L. M. P. et al. Feed intake and growth of fast and slow growing strains of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed by automatic feeders or by self-feeders. **Aquaculture**, Vila Real, v. 195, p. 121-131, 2001.

YAMAMOTO, T. et al. Influence of feeding diets with and without fish meal by hand by self-feeders on feed intake, growth and nutrient utilization of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, Tamaki, v. 214, p. 289-305, 2002.

Capítulo II

Efeito da frequência alimentar no desempenho, na digestibilidade da proteína e na morfologia intestinal de tilápias criadas em ambiente controlado

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da frequência alimentar sobre o desempenho produtivo, morfologia intestinal e digestibilidade da proteína de tilápias (*Oreochromis niloticus*) criadas em ambiente controlado. Para realização do experimento foram utilizadas 180 tilápias da linhagem Supreme com peso médio de $114 \pm 1,8$ g, distribuídas em 18 aquários de 300 litros, com temperatura controlada a $28 \pm 0,9$ °C. Todas as tilápias foram microchipadas e cada uma representou uma repetição dentro de cada tratamento experimental. Três frequências alimentares (2, 4 e 24 refeições/dia) ao dia foram testadas, em delineamento inteiramente casualizado com 60 repetições por tratamento. Uma dieta balanceada foi fornecida por alimentadores automáticos, com taxa de alimentação inicial de 4% de peso vivo e a quantidade fornecida ajustada diariamente por Controlador Lógico Programável (CLP). O experimento teve duração de 56 dias. Ao final do período experimental foram avaliados o desempenho produtivo (ganho médio de peso, peso médio final, sobrevivência e conversão alimentar); índices hepatossomático, lipossomático e repleção gástrica, concentração de glicose sanguínea; morfologia intestinal (vilo, profundidade de cripta e relação vilo:cripta) e bromatologia da carcaça. Os animais alimentados com 24 refeições/dia apresentaram peso médio final e maior ganho médio de peso, menores índices de repleção gástrica, menores níveis de glicose sanguínea e maior relação vilo:cripta. O ensaio de digestibilidade foi realizado após o período de 56 dias e teve duração de sete dias. Para determinação do coeficiente da digestibilidade aparente da proteína os peixes foram alimentados com a mesma dieta balanceada, marcadas com 0,1% de óxido crômio III, e coleta de fezes por decantação. Não houve diferença entre três frequências alimentares avaliadas para os coeficientes da digestibilidade aparente da proteína. Com base nos resultados concluiu-se que o fracionamento da porção diária em 24 refeições/dia diminuiu a sobrecarga gástrica e influenciou no maior ganho médio de peso das tilápias.

Palavras-Chaves: Alimentação automática, digestibilidade, manejo alimentar, *Oreochromis niloticus*.

Effect of feed frequency on performance, protein digestibility and intestinal morphology of tilapia grown in a controlled environment

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the effect of dietary frequency on the productive performance, intestinal morphology and digestibility of tilapia protein (*Oreochromis niloticus*) grown in a controlled environment. For the experiment, 180 tilapia of the Supreme lineage with an average weight of $114 \pm 1.8\text{g}$ were used, distributed in 18 aquariums of 300 liters, with controlled temperature at $28 \pm 0,9\text{ }^{\circ}\text{C}$. All tilapia were microchipped and each represented one replicate within each experimental treatment. Three feeding frequencies (2, 4 and 24 meals / day) per day were tested in a completely randomized design with 60 replicates per treatment. A balanced diet was provided by automatic feeders, with initial feed rate of 4% live weight and the amount supplied adjusted daily by Programmable Logic Controller (CLP). The experiment lasted 56 days. At the end of the experimental period, the productive performance (mean weight gain, final mean weight, survival and feed conversion) were evaluated; Hepatosomatic, liposomal and gastric repletion indexes, blood glucose concentration; Intestinal morphology (villus, depth of crypt and relation villus: crypt) and carcass bromatology. Animals fed with 24 meals / day presented mean final weight and weight gain, lower rates of gastric repletion, lower blood glucose levels and higher villus: crypt ratio. The digestibility assay was performed after the 56 day period and lasted seven days. For determine the coefficient of apparent digestibility of the protein, the fish were fed the same balanced diet, labeled with 0.1% chromium oxide III, and fecal collection by decanting. There was no difference between three food frequencies evaluated for the coefficients of protein apparent digestibility. Based on the results, it was concluded that fractionation of the daily portion at 24 meals / day decreased gastric overload and influenced the higher average weight gain of tilapia.

Keywords: automatic feeding, digestibility, feeding management, *Oreochromis niloticus*.

INTRODUÇÃO

Na maioria das pisciculturas comerciais o fornecimento de ração aos peixes é feito manualmente por um tratador, que monitora o comportamento alimentar para ajustar a oferta de ração de acordo com o consumo. Entretanto, quanto maior a piscicultura, mais complexo torna-se o manejo alimentar. A alimentação automática pode ser a melhor opção para pisciculturas intensivas, pois reduz a mão de obra e facilita o oferecimento diário de grande quantidade de ração com maior precisão (KAUSHIK, 2013).

Uma das maiores limitações para a utilização de alimentadores automáticos é a influência de fatores ambientais no consumo diário de ração pelo peixe. Os dois parâmetros que mais influenciam o consumo da ração são a temperatura da água e o oxigênio dissolvido, podendo resultar em sobras quando a criação é feita fora da faixa de conforto da espécie criada (KESTEMONT E BARAS, 2001).

Na produção de salmão, por exemplo a alternativa encontrada pelos produtores de salmão é o controle da sobra por meio de sensores ou câmeras que detectam quando os peixes estão saciados e desligam os alimentadores automáticos para evitar desperdícios (ROBB, CRAMPTON, 2013).

Controle da oferta de ração pode ser mais eficiente quando se utiliza alimentação automática. Para isto o consumo pode ser estimado com base em tabelas práticas que levam em consideração a curva de crescimento e conversão alimentar das tilápias em safras anteriores. A oferta diária é calculada com base no peso médio dos peixes. As maiores taxas de alimentação são fornecidas para peixes mais jovens (6 a 10% do peso vivo) e a taxa diminui à medida que o peixe cresce quando se aproxima do tamanho de abate aproximadamente 2% do peso vivo (OLIVEIRA et al., 2016).

Maiores frequências de alimentação, desde que mantida a taxa de alimentação diária adequada para o tamanho do peixe que está sendo criado, melhora a disponibilidade da ração, reduz a competição pelo alimento, aumenta a uniformidade do lote e proporciona melhor desempenho das tilápias, possibilitando aumento da produtividade vezes (SOUZA et al., 2012).

O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da frequência alimentar sobre o desempenho produtivo, morfologia intestinal e digestibilidade da proteína de tilápias (*Oreochromis niloticus*) criadas em ambiente controlado.

2. Material e Métodos

2.1. Instalações.

O experimento iniciou-se na primeira quinzena de março de 2016, com duração de 56 dias. Foram utilizadas 180 tilápias (*Oreochromis niloticus*) da linhagem Supreme, com peso médio inicial de 114 ± 18 g, distribuídas em 18 aquários com capacidade para 300 litros.

A água que abastecia os aquários era proveniente de um sistema de recirculação, com volume total de 12.000 litros, com 6 filtros biológicos e 3 filtros ultra violeta. A água filtrada era aquecida antes de ser bombeada para os reservatórios localizados a 3 metros de altura, e distribuída por gravidade para os aquários. Cada aquário possui um sistema de aeração por mangueira micro perfurada e um aquecedor de 300 watts para manter a temperatura em 28 °C.

Semanalmente foram coletadas amostras de água do sistema de recirculação para a determinação do pH, amônia e nitrito para avaliar a qualidade de água. Os valores médios de pH, nitrito e amônia foram respectivamente de 7,2 ($\pm 0,15$), 0,25 ppm e 0,13 mg/l ($\pm 0,33$), durante todo o período experimental, evidenciando que o sistema de recirculação da água dos aquários foi suficiente para garantir os níveis dos parâmetros avaliados aceitáveis para a criação experimental dos peixes (PIPER et al., 1982).

A temperatura da água e oxigênio dissolvido (mg L^{-1}), foram medidos diariamente (08:30 e 17:30h), enquanto os parâmetros de pH, níveis de amônia e nitrito da água foram medidos a cada sete dias, nos períodos da manhã e da tarde. Estes dados foram obtidos através de equipamento digital portátil e kits que quantificam amônia e nitrito.

O fotoperíodo foi mantido em 12 horas de luz, com início as 06h00min da manhã e termino as 18h00min com iluminação proveniente de lâmpadas de leds de 7 w, controlado por timer automático.

2.2. Sistema de alimentação automática.

O sistema é composto por um Controlador Lógico Programável (CLP) que calculava a oferta diária de ração por tratamento baseando-se no peso médio do peixe, no número de peixes por aquário e na taxa de alimentação definida inicialmente como 4% do peso vivo e uma expansão, que acionavam alimentadores automáticos instalados sobre os aquários, com capacidade para 2 kg de ração, regulados para dispensar 1g por segundo de ração. Diariamente o CLP corrigia a oferta de ração com base no ganho de peso diário estimado pela conversão alimentar esperada.

2.3. Delineamento experimental.

O delineamento experimental usado foi inteiramente casualizado, com três frequências alimentares, 2 refeições/dia (a cada 12 horas), 4 refeições/dia (a cada 6 horas) e 24 refeições/dia (a cada 1 hora) e 60 repetições por tratamento. Em todos os tratamentos a primeira refeição foi oferecida as 06:00 da manhã.

2.4. Ração experimental

Na Tabela 1 apresenta-se a fórmula e a composição nutricional analisada da dieta experimental dos ensaios de desempenho e digestibilidade.

Tabela 1. Formula e composição nutricional analisada da dieta, em 100% de matéria seca.

Ingredientes	%	
Milho, Grão	35,00	
Farelo de Soja (48%)	33,18	
Concentrado Proteico de Soja	10,00	
Farelo de Trigo	10,00	
Farinha de Vísceras	6,25	
Óleo de Soja	2,83	
Fosfato Bicálcio	1,30	
Premix Vitamínico Mineral ¹	0,50	
Vitamina C -35	0,18	
L-Lisina	0,13	
Cloreto de Colina	0,13	
Arginina	0,11	
Sal	0,10	
Óxido de Crômio	0,10	
L-Valina	0,07	
L-Treonina	0,06	
DL-Metionina	0,02	
L-Triptofano	0,02	
BHT- Antioxidante ²	0,02	
Total	100,00	
Composição Nutricional Analisada		
EB	Kcal/g	4.242
Umidade	%	9,24
PB	%	35,99
EE	%	7,14
MM	%	7,98
FB	%	2,98

¹ Premix Vitamínico Mineral (mg/kg da dieta): Vitamina A (UI/kg) 9000, Vitamina D3 (UI/kg) 2.500, Vitamina E 300, Vitamina K3 40, Vitamina B1 60, Vitamina B2 60, Vitamina B6 60, Vitamina B12 0,1, Niacina 120,0, Ácido Pantotênico 180, Biotina 0,8, Ácido Fólico mg / kg 12, Vitamina C 600, Inositol 400 Colina 850, Selênio 0,8, Cromo (trivalente) 0,5, Ferro (divalente) 72, Cobre (divalente) 24, Zinco (divalente) 50, Manganês 30, Iodo (iodeto) 1,2, Cobalto 0,5.

² BHT: Hidroxitolueno Butilado.

Na Tabela 2 apresentam-se os parâmetros de processamento da ração.

Tabela 2. Parâmetros de processamento da ração.

<i>Parâmetros de Processo</i>	<i>Dieta</i>
<i>Pré-condicionador</i>	
Temperatura de saída (°C)	86,0
Adição de água (L/h)	24,0
Velocidade das pás (Hz)	20,8
<i>Extrusora</i>	
Adição de água (L/h)	3,0
Amperagem (A)	44,0
Produtividade (úmido Kg/h)	146,0
Temperatura de extrusão (°C)	128,0
Pressão (bars)	44,0
Velocidade de corte da faca (Hz)	28,3
Densidade (úmido, g/L)	426,0
Energia mecânica (kW-h/ton)	24,8
<i>Secadora</i>	
Tempo retenção (min)	20,0
Temperatura (°C)	112,0
Densidade (seco, g/L)	374,0

A ração foi produzida na Fábrica de Rações da FCAV/Unesp, campus de Jaboticabal – SP, que possui sistema completo de extrusão com os mesmos princípios de operação que os sistemas de extrusões comerciais de grande porte.

Para preparo da ração os ingredientes foram misturados, em misturador de pás, e moídos em moinho de martelos (Tigre, Moinhos Tigre, São Paulo, SP), utilizando-se peneiras com furos de 0,9 mm de diâmetro. As rações foram processadas em uma extrusora de rosca simples (Mex-250, Manzoni Indústria Ltda, Campinas, SP). A extrusora apresenta rosca com 80 mm de diâmetro com cinco seções, dispostas da seguinte forma: primeira seção - um passo sem anel de retenção; segunda seção – um passo com anel de retenção pequeno; terceira seção – passo duplo com anel de retenção pequeno; quarta seção – passo duplo com anel de retenção médio; quinta seção – cônica, passo duplo, cortada. Ao final da rosca, empregou-se anel de retenção com orifício de 18 mm de diâmetro. Foi utilizada uma matriz circular com 6 furos abertos de 3,0 mm de diâmetro cada um. Em seguida, os kibbles foram transportados pneumáticamente para um secador horizontal de duas passagens, e secos à temperatura de 112 °C, com tempo de retenção de 20 minutos.

As condições de operação de extrusão foram fixadas e mantidas constantes para todos os tratamentos em 14 Hertz (Hz) para a taxa de alimentação do pré-condicionador, 20,8 (Hz) para a velocidade das pás do pré-condicionador, 1.594 rotações por minuto (rpm) para a velocidade da rosca do canhão da extrusora e 28,3 (Hz) para a velocidade de corte da faca. Também foram adicionados 24 litros por hora (L/h) de água no pré-condicionador e 3 (L/h) no canhão da extrusora.

Durante o processamento da ração, a temperatura do pré-condicionador da extrusora foi mantida entre 86 °C e 89 °C, por meio de adição de vapor e água, e a temperatura do canhão da extrusora foram mantidas em 132 °C. A produtividade, em quilogramas por hora (Kg/h), e a densidade aparente, em gramas por litro (g/L), das rações foram determinadas à saída da extrusora e mantidas constantes para todos os tratamentos. A densidade dos kibbles, também, foi determinada à saída da secadora.

A energia mecânica variou entre 24,3 e 24,8 quilowatts por hora por tonelada (kW-h/ton).

2.5. Desempenho produtivo.

Biometrias a cada 28 dias foram utilizadas para corrigir no CLP o peso médio dos peixes e avaliação do desempenho produtivo. Após a biometria, a média de peso dos peixes de cada tratamento foi corrigida no CLP. No final do período experimental foram avaliados o ganho médio de peso (GMP), peso médio final (PMF), conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência (S). As seguintes equações foram utilizadas:

Ganho médio de peso: $GP = Pf - Pi$, onde: Pf = peso final e Pi = peso inicial;

Conversão alimentar aparente: $CAA = \text{ração fornecida}/GP$;

Sobrevivência: $S = (\text{total de animais final}/\text{total de animais inicial}) \times 100$

2.6. Peso de órgãos e morfometria intestinal

Ao final do período experimental, três peixes foram retirados de cada aquário para avaliação do ILS, IRG, IHS, bromatologia e morfometria intestinal. Os peixes foram pesados individualmente em balança digital de precisão de 0,01g, anestesiados em eugenol e abatidos por com incisão na coluna cervical. Segmentos de 5 cm do

intestino logo após a terminação do estomago, foram cortados transversalmente e fixados em formol tamponado a 10% por um período de 24 horas.

Para a confecção das lâminas histológicas, as amostras de intestino foram desidratadas em série crescente de álcool (álcool 70%; 80%; 90%; 100%; 100%; 100%) por 30 minutos por passagem. Posteriormente diafanizados em solução álcool: xilol (1:1) por 30 minutos e xilol 100% por 30 minutos, imersas em parafina em estufa a 55°C por 90 minutos e, incluídas em parafina para a formação dos blocos. Posteriormente, as amostras foram submetidas à microtomia obtendo-se corte histológicos de cinco micrômetros de espessura, as quais foram colocadas em lâminas e coradas.

A repleção gástrica (RG) e cálculo dos índices hepatossomático (IHS) e lipossomático (ILS) foram estimados a partir das seguintes formulas:

- $IRG = (EC - EV / PV) \times 100$; sendo EC = peso do estômago cheio (g), EV = peso do estômago vazio (g), PV = peso vivo (g);
- $IHS = (PF / PV) \times 100$; sendo PF = peso do fígado (g), PV = peso vivo (g);
- $ILS = (PL / PV) \times 100$; sendo PL = peso da gordura visceral (g), PV = peso vivo (g);

2.7. Glicose sanguínea

A partir de amostra de sangue da artéria caudal de três peixes de cada aquário do experimento de desempenho, foram avaliados os níveis glicêmicos utilizando um kit de glicemia (Kit Accu Check Performa – Roche^R)

2.8. Ensaio de digestibilidade

A determinação do coeficiente de digestibilidade da proteína consistiu na coleta de fezes por decantação (PEZZATO et al., 2002), secagem da amostra em estufa e análise em laboratório. Os dezoito aquários usados no primeiro experimento foram adaptados para a coleta de fezes e povoados com sete peixes com média de 300g. O período de coleta foi de sete dias e a temperatura da água foi mantida em $28 \pm 0,9$ °C. Os mesmos tratamentos de frequência do primeiro experimental foram mantidos para

este experimento, ou seja: duas quatro e 24 refeições diárias, e a mesma ração do experimento anterior acrescida com 0,1% de óxido de cromo III foi utilizada. A coleta de fezes foi feita as 08:30 e as 17:30 horas, as fezes foram congeladas e mantidas a -20°C para posteriores análises.

2.9. Análises químicas

A análise da ração e fezes foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da FMVZ–UNESP/Botucatu, segundo padrões da AOAC (2000). O teor de matéria seca foi obtido após secagem das amostras em estufa a 105,0°C até peso constante. Nitrogênio (N) obtido pelo método Kjeldahl e proteína bruta calculada por $N \times 6,25$. Extrato etéreo foi determinado após extração com éter de petróleo pelo método de Soxhlet. Energia bruta foi estimada pela combustão das amostras em bomba calorimétrica (C200, IKA, Staufen, BW, Alemanha).

3.0. Avaliação de digestibilidade

A quantificação do marcador externo óxido de cromo (Cr_2O_3) presente na dieta, foi realizada no Laboratório de Bromatologia da FMVZ–UNESP/Botucatu.

Para determinação do óxido de cromo III, 25 mg de cada amostra (fezes e ração) foram colocadas em balões de Kjeldahl, misturadas com 3 mL de ácido nítrico e 2 mL de ácido perclórico e, em seguida, aquecidas e digeridas em bloco digestor. Os extratos ácidos finais foram diluídos com água deionizada até a marca de 5 mL e homogeneizados manualmente. Logo após este procedimento, os extratos foram submetidos à Espectrometria de Absorção Atômica em Chama (FAAS), e para quantificar a concentração de Cr_2O_3 nas fezes dos peixes. A metodologia de determinação de digestibilidade com óxido de cromo III como marcador foi realizada de acordo com proposto por Bremer Neto et al. (2003).

3.1. Análise estatística

Os dados de desempenho produtivo, coeficiente de digestibilidade da proteína, morfologia intestinal, análise bromatológica da carcaça, ILS, IRG e níveis de glicose sanguínea foram submetidos à análise de variância utilizando o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG (EUCLYDES, 2005) e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ao nível de 5% de probabilidade.

Resultados

Os maiores valores de peso médio final e ganho médio de peso foram encontrados no tratamento de 24 refeições/dia ($P < 0,05$), em relação aos animais que receberam duas e quatro refeições ao dia ($P > 0,05$) (Tabela 3). Não houve diferença estatística para conversão alimentar aparente e digestibilidade da proteína ($P > 0,05$) (Tabela 3). Ao longo de todo período experimental não foi observada mortalidade em nenhum dos tratamentos.

Tabela 3. Peso médio final (PMF), ganho médio de peso (GMP), conversão alimentar aparente (CAA) e coeficiente de digestibilidade da proteína de tilápias Supreme alimentadas por 56 dias com diferentes frequências alimentares.

Refeições/Dia	Variáveis			
	PMF(g)	GMP(g)	CAA	CDAProteína
2	307,45b	195,25c	1,30	84,70
4	324,27b	212,68b	1,23	84,55
24	351,67a	239,80a	1,28	87,63
CV(%)	16,04	22,67	9,80	3,73

^{a b} Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).
CV: Coeficiente de variação.

As tilápias amostradas dos três tratamentos não apresentaram diferenças estatísticas ($P > 0,05$) entre os índices hepatossomático (IHS) e lipossomático (ILS). ($P < 0,05$) ao final do experimento (Tabela 4).

Tabela 4. Média dos índices hepatossomático (IHS) e lipossomático (ILS) aos 56 dias de experimento, de tilápias alimentadas com diferentes frequências alimentares.

Refeições/Dia	Variáveis	
	IHS	ILS
2	2,53	1,59
4	2,61	1,89
24	3,00	1,52
CV(%)	24,24	35,84

CV: Coeficiente de variação.

Na relação vilo:cripta, os animais que receberam 24 refeições/dia foram os que apresentaram melhor relação vilo:cripta ($P < 0,05$). Não houve diferenças estatísticas ($P > 0,05$) para comprimento de vilo e profundidade de cripta entre todos os tratamentos. (tabela 5)

Tabela 5. Morfologia intestinal de tilápias da linhagem Supreme aos 56 dias de experimento.

Refeições/Dia	Variáveis		
	Vilo(μm)	Cripta(μm)	Relação(V:C)
2	395,54	54,95	7,39b
4	380,72	52,58	7,47b
24	443,34	51,05	8,79a
CV(%)	21,03	23,04	19,70

a,b Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

CV: Coeficiente de variação.

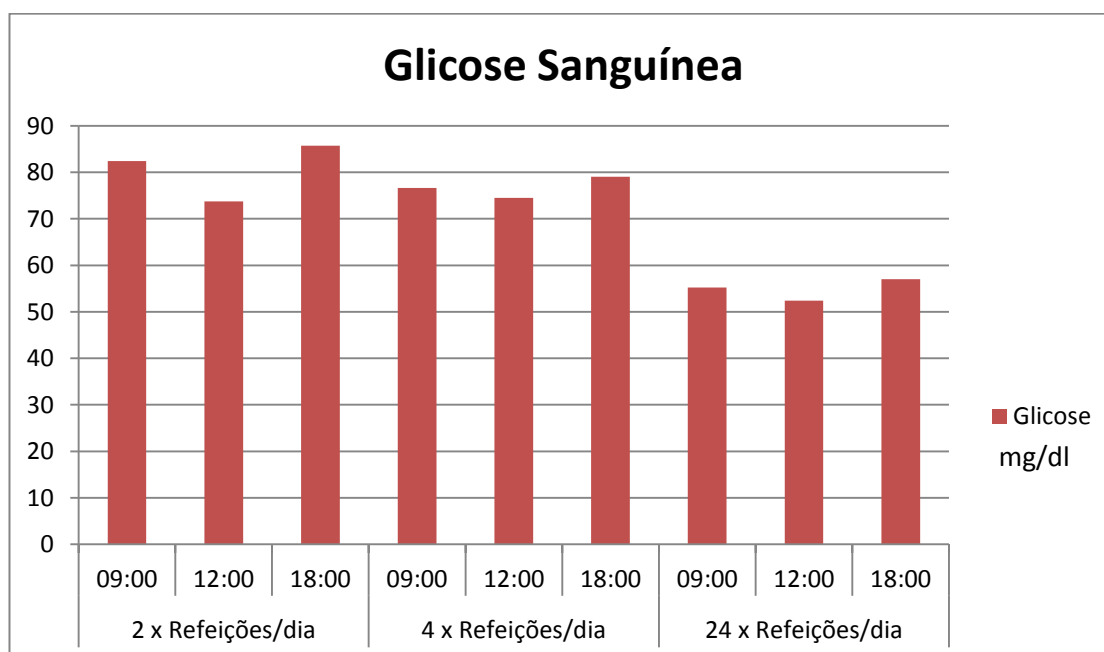
O índice de repleção gástrica auxilia na compreensão da atividade alimentar dos peixes, podendo ser um ponto de entendimento para o correto manejo animais alimentos. Os animais alimentados com 24 refeições/dia apresentaram menores índices de repleção gástrica e níveis menores de glicose sanguínea ($P < 0,05$) (Tabela 6).

Tabela 6. Níveis de glicose sanguínea (NGS) e índice de repleção gástrica (IRG) de tilápias da linhagem Supreme aos 56 dias de experimento.

Refeições/Dia	Variáveis	
	NGS(mg/dl)	IRG
2	83,31a	1,81a
4	73,84a	1,71a
24	54,71b	0,24b
CV(%)	23,67	88,51

a,b Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).
CV: Coeficiente de variação.

Figura 1. Níveis de glicose sanguínea em tilápias comparadas dentro do próprio tratamento em três diferentes horários (9h, 12h e 18h).



A análise bromatológica das carcaças dos peixes não apresentou diferença ($P > 0,05$) entre as médias dos tratamentos para matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína (PB) e extrato etéreo (EE) (Tabela 7).

Tabela 7. Médias da matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) das carcaças de tilápias da linhagem Supreme aos 56 dias de experimento.

Refeições/Dia	Variáveis			
	MS(%)	MM(%)	PB(%)	EE(%)
2	28,28	14,70	57,28	31,41
4	28,32	13,56	59,74	31,48
24	27,73	13,82	59,43	30,06
CV(%)	7,62	11,91	8,57	15,02

CV: Coeficiente de variação.

Discussão

O aumento no número de refeições diárias é um manejo alimentar importante a ser adotado, pois diminui as perdas por lixiviação. Segundo Furuya et al. (2005) a lisina sintética é 100% absorvida, as perdas metabólicas podem ser minimizadas com a redução do intervalo de fornecimento de ração, pois segundo Tantikitti e March (1995) resulta em concentração plasmática mais estável e favorece uma proporção proteína-lipídio mais alta na composição corporal.

Nos tratamentos em que os peixes receberam duas e quatro refeições ao dia, com taxa de alimentação de 4% do peso vivo apresentaram menor ganho médio de peso e peso médio final em relação aos peixes alimentados com 24 refeições/dia ($P < 0,05$). Oliveira et al. (2016) constataram que tilápias com peso inicial de 185g criadas em tanques-redes foram alimentadas com 48 refeições ao dia com taxa de 4% do peso vivo, ganharam mais peso em relação aos tratamentos com taxas de 2% e 3% do peso vivo. Sousa et al. (2012) também alimentaram com 24 refeições ao dia tilápias com peso inicial de 16.0 ± 4.9 g criadas em tanques-redes, obtendo maior ganho de peso final e o maior índice de sobrevivência na etapa inicial de crescimento. Hossain et al. (2001) testaram o fornecimento de ração em alta frequência (24 refeições/dia) em catfishs *Clarias gariepinus* com peso inicial de 0.98 ± 0.02 g e constataram que o maior número de refeições evita desperdício de ração e melhora o desempenho produtivo do catfish.

Nos tratamentos que receberam duas refeições ao longo dos 56 dias de experimento, foi possível observar sobras de ração, ou seja, a ração que não era consumida imediatamente quando lançadas na água pelos alimentadores automáticos, permaneciam flutuando, sofrendo lixiviação, perdendo nutrientes e palatabilidade, deixando de ser atrativas para as tilápias. As sobras de ração nos tratamentos onde a alimentação era feita de 12 em 12 horas, podem ser atribuída ao limite da capacidade do estômago para ingerir 4% do peso vivo, indicando uma sobrecarga gástrica. Esta limitação não ocorreu quando o alimento foi oferecido de uma em uma hora no tratamento de 24 refeições, pois o estômago sempre estava com uma pequena quantidade de ração, o que torna a digestão mais eficiente.

Ao longo de todo o período experimental, notava-se dominância e competição pelo alimento, resultando em brigas, porém sem mortalidade ao longo dos 56 dias de experimento. O aumento do número de refeições refletiu diretamente na quantidade das sobras das dietas, quanto maior o número de refeições, menor foi desperdício e a competição por alimento, resultados semelhantes aos encontrados por Jobling et al. (1983), Lee et al. (2000), Souza et al. (2012) e Oliveira et al. (2016). O manejo alimentar não se limita a fornecer alimento de qualidade aos peixes, mas a forma e horário, a quantidade e o número de refeições podem resultar em maior crescimento, melhor conversão alimentar e diminuir as perdas de ração (Schnaittacher et al., 2005).

O índice de conversão alimentar é de extrema importância na piscicultura, por estar diretamente relacionada ao lucro do produtor, pois segundo Teixeira (2008), os gastos com alimentação representam cerca de 60% do total das despesas na criação de tilápias, desta forma impactar no sucesso ou não de uma piscicultura. Não houve diferença para conversão alimentar entre os tratamentos, conseqüentemente no aproveitamento da ração. Sugere-se que este parâmetro zootécnico não sofreu alteração devido à automação do manejo alimentar utilizado neste trabalho, que pode ter sido benéfico para o estado nutricional dos peixes. Este efeito também foi evidenciado no estudo realizado por Sousa et al. (2012). As espécies animais aproveitam de forma diferente os alimentos, sendo essa variação quantificada através da determinação dos coeficientes de digestibilidade (ANDRIGUETO et al., 1982). Não houve diferença para o coeficiente de digestibilidade da proteína entre os tratamentos, porém os peixes alimentados com 24 refeições/dia apresentaram maior ganho de peso, fato que pode ser

aplicado ao do manejo alimentar utilizado. A taxa de alimentação de 4% de peso vivo, mais o sistema de alimentação utilizado podem ter influenciado para que os índices hepatossomático e lipossomático não tenham apresentado diferença entre os tratamentos.

As tilápias que receberam 24 refeições/dia, apresentaram maior relação vilo:cripta que as dos demais tratamentos ($P < 0,05$). Cunningham; Klein (2008) diz que o aumento da relação altura de vilo com profundidade de cripta está diretamente correlacionada com aumento da renovação das células epiteliais, o que causa aumento na absorção e no desempenho e que peptídeos reguladores exercem efeito trófico sobre as células gastrintestinais epiteliais, a secreção destes peptídeos, por sua vez, é estimulada pela quantidade da dieta e o número de refeições. Desta maneira, o consumo de alimento leva a uma resposta adaptativa do epitélio do trato gastrintestinal.

A quantidade de alimento no estômago (índices de repleção gástrica) no decorrer do dia para os peixes que recebiam 24 refeições diárias foram oito a nove vezes menores do que para os peixes que tiveram sua porção diária fracionadas em duas e quatro refeições ($P < 0,05$). Os níveis de glicose sanguínea no decorrer do dia também foram menores (54,71mg/dL) nos peixes que receberam 24 refeições/dia, em relação aos peixes alimentados duas e quatro vezes ao dia com níveis de glicose sanguínea (73,84 e 83,31 mg/dL) respectivamente. Segundo Silveira et al. (2009) os níveis glicêmicos dependem, entre outras coisas, do tempo de alimentação e qualidade da dieta que os peixes ingerem. Após seis horas de uma alta ingestão de amido, foram encontrados níveis glicêmicos altos em trutas arco-íris (*Oncorhynchus mikiss*), após nove horas de ingestão, quantidades ainda maiores foram observadas.

Sugere-se que os níveis de glicose sanguínea foram menores nos peixes alimentados 24 vezes ao dia, devido ao tamanho da porção em cada trato, mantendo os níveis de glicose sanguínea baixos, porém estável ao longo do dia. A maior facilidade de digerir a dieta quando esta é fracionada em pequenas porções ao longo do dia pode ajudar a explicar o melhor desempenho das tilápias alimentadas com maior frequência. Secor (2009) afirma em seu estudo que quanto maior a quantidade de alimento ingerido de uma única vez, maior será a necessidade da produção de grandes quantidades de pepsinogênio e HCl, o que representa um maior 'esforço' energético da digestão gástrica, além disso Baldisserotto (2009) afirma que peixes em jejum diminuem sua

atividade enzimática, podendo levar um tempo maior para retornar a normalidade, fatores que podem ter contribuído para o maior ganho de peso ao final de 56 dias para as tilápias alimentadas com 24 refeições.

A avaliação da composição da carcaça é de extrema importância, pois o filé é o produto de maior valor comercial da tilápia. Como, na análise bromatológica não apresentou diferenças estatísticas entre os tratamentos, tanto para as médias de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo, entende-se que o melhor tratamento a ser indicado é dos peixes alimentados com 24 refeições/dia, pois ganhou mais peso e depositou menos gordura.

Conclusão

O fracionamento da porção diária em 24 refeições/dia diminuiu a sobrecarga gástrica e influenciou no maior ganho médio de peso das tilápias.

Referências Bibliográficas

Agostinho, C. A., Contessoti Junior, J., & Agostinho, S. M. M. (2014) **Aqui o Matic: Programa para a automação do fornecimento de ração para peixes e rãs com base nas variações da temperatura da água, no oxigênio dissolvido e no ganho diário de peso estimado com base na conversão esperada.** Registro de programa INPI.

Agostinho, C.A., Oliveira, L.C., Agostinho, L.M., Sousa, R.M.R., Kunii, E.K., Argentim, D., Castro, C.S & Agostinho, S.M.M.. (2010) **Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral.** INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial, BR n. PI 1005536-3 A2, 03 Dez.

ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I. (1982) **Nutrição animal.** Paraná: Nobel, v.1, p. 395.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association Analytical Chemist.** (2005) 18 ed. Gaithersburg, Maryland.

Baldissertto B. (2009) **Fish Physiology applied to fish farming.** Ed. UFSM. Santa Maria, p.73-98.

Bremer N.H., Graner C.A.F., Pezzato L.E., Padovani C.R & Cantelmo O.A. (2003) Diminuição do teor de óxido de cromo (III) usado como marcador externo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.249-255.

Castro, C.S., Ribeiro, R.R., Agostinho, L.M., Santos, A.A.D., Carmelin, C.A., Chan, R.V., Neto, J.F & Agostinho, C.A. (2014) Polyculture of frogs and tilapia in cages with high feeding frequency. **Aquacultural Engineering**, v.61, p. 43-48.

Castro, C. S., Agostinho, C.A., Argentim, D., Alexandre, J.S., Oliveira L., Sousa, R. M. R & Padilha, P.M. (2012) Feed digestibility and productive performance of bullfrogs fed in high and low frequency. **Aquaculture**, v.326-329, p.123-128.

Cunningham, J. G & Klein, B. G. (2008) **Tratado de fisiologia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.710.

Euclides, R. Saeg. (2005) Sistema para Análise Estatística e Genética. Versão 9. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <<http://www.ufv.br/saeg/download.htm>>. Acesso em: 16 nov. 2016.

Furuya, W. M. (2010) **Tabelas Brasileiras para a Nutrição de Tilápias**. Toledo: GFM.

Furuya , W.M., Botaro, D., Gomes de Macedo, R.M., Gomes dos Santos, V., Silva, I.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 tilápias-do-nilo (*oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1433-1441.

Hossain, M.A.R., Haylor, G.S & Beveridge, M.C.M. (2001) Effect of feeding time and frequency on the growth and feed utilization of African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. **Aquaculture Research**, v.32, 999-1004.

Jobling, M. Effect of feeding frequency on food intake and growth of Artic Charr, *Salvelinud alpinus L*. **Journal Fish Biological**, v. 23. p. 1vidal77-185, 1983.

Kaushik, S.J. (2013) Feed management and On-farm practices of temperate fish with special reference to salmonid. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical**, p. 519-551.

Kesmont, P., Baras, E. Environmental factors and feed intake: Mechanisms and interactions. In: Food intake in fish. Ed. Blackwell Science Ltd. 2001. p. 442.

Lee, S. M., CHO, S. H & KIM, D. J. (2000) Effects of feeding frequency and dietary energy level on growth and body composition of juvenile flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Aquaculture Research**, v.31, 917-921.

Oliveira, F.A., Argentim, D., Novelli, P.K., Agostinho, S.M.M., Agostinho, L.M & Agostinho, C.A. (2016) Automatic feeders for Nile tilapia raised in cages: productive performance at high feeding frequencies and different rates. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, p.702-708.

Pezzato, L. E., Miranda, E. C., Barros M. M., Pinto L. G. Q., Furuya, W. M, & Pezzato, A. C. (2002) Digestibilidade Aparente de Ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 1595-1604.

Piper, R. G., Mcelwain, I. B & Orme, L. E. (1982) **Fish Hatchery Management**. Department of Interior, p.517.

Robb, D.H.F & Crampton, V.O. (2013) On-farm feeding and feed management in aquaculture. **FAO Fisheries and Aquaculture Technical**, p. 489–518.

Secor, S.M. (2009) Specific dynamic action: a review of the postprandial metabolic response. **Journal of Comparative Physiology Biology**, v.179 p.1-56.

Silveira, U.S., Logato, P.V.R & Pontes, E.C. (2009) Utilização e metabolismo dos carboidratos em peixes. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 6, p.817-836.

Sousa, R.M.R., Agostinho, C.A., Oliveira, F.A., Argentim, D., Novelli, P.K. & Agostinho, S.M.M. (2012) Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis*

niloticus) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, p.192-197.

Schnaittacher, G., King, W & Berlinsky, D.L. (2005) The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. **Aquaculture Research**, v.36, 370-377.

Tantikitti, C & March, B.E. (1995) Dynamics of plasma free amino acids in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* under variety of dietary conditions. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.14, p.179-94.

Willians, W.J. (1979) **Handbook of Anion Determination**. London: Butterworths, p.630.

Capítulo III

Implicações

A aquicultura é uma das áreas da produção animal que mais cresceu nos últimos anos e o manejo alimentar será o principal gargalo para o crescimento desta atividade nos próximos anos. A automação do fornecimento de ração representa um grande progresso em relação aos métodos convencionais de produção, o que permite menos danos à água, pois um maior número de refeições melhora o aproveitamento da ração e viabiliza a piscicultura industrial sustentável tanto de água doce quanto marinha.