

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

AUTOMAÇÃO DO MANEJO ALIMENTAR DE BIJUPIRÁ
Rachycentron canadum

DANIEL ARGENTIM

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

BOTUCATU - SP
Janeiro– 2016

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

AUTOMAÇÃO DO MANEJO ALIMENTAR DE BIJUPIRÁ
Rachycentron canadum

DANIEL ARGENTIM
Zootecnista

Orientador: Claudio Angelo Agostinho

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

BOTUCATU - SP
Janeiro– 2016

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

Argentim, Daniel, 1984-
A691a Automação do manejo alimentar de bijupirá (*Rachycentron canadum*) / Daniel Argentim. - Botucatu : [s.n.], 2016
viii, 63 f. : tabs., fots. color., grafs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2016

Orientador: Claudio Angelo Agostinho
Inclui bibliografia

1. Peixe marinho - Alimentação e rações - Manejo. 2. Produção animal. 3. Temperatura - Efeito fisiológico. 4. Máquinas automáticas. I. Agostinho, Claudio Angelo. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

*...quando você sonha alto, todos os passos parecem ser o primeiro,
então, este é só o primeiro passo,...e a gente tem muito o que aprender...*

(José Tiago Sabino Pereira - "Projota")

A minha esposa THAIS, uma companheira muito especial, que esteve ao meu lado desde o início com muita paciência e dedicação, me incentivando e me ajudando a superar cada obstáculo e aos meus dois filhos Maria e Miguel que são a alegria da minha vida sem os quais não posso mais viver.

Aos meus pais, SUELI e FORTUNATO e a minha irmã VANESSA, pelo amor e apoio incondicional e pela oportunidade que me deram, sei que mesmo diante de algumas dificuldades, compartilharam cada etapa deste sonho comigo.

Dedico

Agradecimentos

Agradeço a DEUS, que concedeu a oportunidade de realização deste sonho e me abençoou com dois filhos maravilhosos. Peço a ele que mande sua benção para toda a minha família e para todos os amigos.

A minha esposa, Thais, por ser minha eterna companheira, por me amar incondicionalmente, suportando mais uma vez a minha ausência neste período de estudos e por conceber e cuidar dos nossos filhos lindos.

Aos meus pais, Sueli e Fortunato e a minha irmã, Vanessa, pelo carinho e compreensão em todos os momentos da minha vida e por nunca terem deixado de acreditar em mim.

Ao meu orientador e amigo, Professor Claudio Angelo Agostinho, que me acompanha e orienta desde a graduação, acreditando, apoiando e ajudando na realização dos meus sonhos.

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

Aos meus tios e tias, em especial a tia Neusa, por participarem ativamente da minha vida e por sempre estarem dispostos a me apoiar.

Aos grandes 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 colegas do Setor de Aquicultura, Anderson, Célio, Junior, Gabriel (Marcinho), Cecília, Raphaela, Felipe (Guedes), Cássio (Xenpica) e Paula pela amizade e grande ajuda nas coletas, identificação, digitação, que sem a ajuda deles seria impossível possível à concretização desse trabalho.

Aos funcionários do departamento de Produção Animal, em especial os secretários Renato e Claudio, que me socorreram nos momentos que precisei.

Aos funcionários do Programa de Pós-graduação, Seila e Helen pelo apoio e compreensão.

Aos amigos e a todos os estagiários do Setor de Aquicultura que de alguma forma participaram deste estudo, em especial, Barbara, Gustavo, Daniel, Pedro, Eduardo Guilherme Pilan, Matheus, Guilherme Arruda e Fernando pela amizade e grande ajuda no desenvolvimento do trabalho e a toda equipe do laboratório AquaNutri que me auxiliaram no preparo das rações.

Agradeço muito a Maricultura Itapema e a todos os seus funcionários, em especial João Manzella, Fabio e ao Vasco, que nos cederam espaço, infraestrutura e todo o apoio técnico que precisamos para a realização deste projeto de pesquisa.

Ao CNPq, a CAPES e a FAPESP pelo auxílio financeiro para a pesquisa e pelas bolsas de doutorado.

SUMÁRIO

Página

CAPÍTULO I	1
Considerações Iniciais	2
1. Piscicultura marinha e cultivo de bijupirá no Brasil.....	2
2. Alimentadores automáticos e automação do manejo alimentar	3
3. Manejo alimentar	5
3.1. <i>Frequência e taxa alimentar</i>	5
3.2. <i>Frequência alimentar e temperatura da água</i>	8
3.3. <i>Frequência alimentar e Nutrientes da ração</i>	9
3.4. <i>Período de alimentação</i>	11
4. Referências Bibliográficas.....	14
CAPÍTULO II	21
Influência da temperatura da água e da frequência alimentar sobre o desempenho de juvenis de bijupirá (<i>Rachycentron canadum</i>) criados em sistema de recirculação de água	22
Resumo	22
Abstract	23
Introdução	24
Material e Métodos	25
1.1. <i>Instalações</i>	25
1.2. <i>Peixe e Dieta experimental</i>	27
1.3. <i>Delineamento Experimental</i>	29
1.5. <i>Análises Estatísticas</i>	29
Resultados.....	30
Discussão	32
Conclusão.....	35
Agradecimentos	35
Referências Bibliográficas	36
CAPÍTULO III	39

Controle automatizado da oferta da ração de acordo com a temperatura da água e avaliação de diferentes manejos de alimentação no cultivo de bijupirá	40
Resumo	40
Abstract	41
Introdução	42
Material e Métodos	43
1.1. <i>Instalações</i>	43
1.2. <i>Delineamento experimental</i>	46
1.3. <i>Peixes e Dieta experimental</i>	47
1.4. <i>Variáveis avaliadas</i>	49
1.5. <i>Análises Estatísticas</i>	50
Resultado.....	50
2.1. <i>Experimento I</i>	50
2.2. <i>Experimento II</i>	52
Discussão	53
3.1. <i>Experimento I</i>	53
3.2. <i>Experimento II</i>	55
Conclusão.....	57
Agradecimentos	57
Referências Bibliográficas	58
CAPÍTULO IV	62
Considerações Finais.....	63

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO II	21
Tabela 1. Formula da água marinha artificial	26
Tabela 2. Formulação e composição nutricional calculada da dieta experimental	28
Tabela 3. Peso final (Pf), ganho de peso médio (GPM), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência (S) ao final de 35 dias de experimento.....	30
Tabela 4. Concentração de oxigênio dissolvido na água (O ₂ D) no período da manhã e da tarde durante 35 dias de experimento..	31
CAPÍTULO III.....	39
Tabela 1. Formulação e composição nutricional calculada da dieta utilizada no experimento II.....	48
Tabela 2. Media de peso final, ganho de peso médio (GPM) e taxa de crescimento específico (TCE) dos juvenis de bijupirá alimentados em dois períodos de alimentação e duas correções da taxa alimentar e função da temperatura da água.....	51
Tabela 3. Pesos médio inicial (pi) e final (pf), ganho de peso médio (gpm), taxa de crescimento específico (tce) e índice viscerossomático (ivs) de bijupirás alimentados com diferentes frequências de alimentação.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
CAPÍTULO III.....	39
Figura 1. Componentes eletrônicos do sistema de alimentação automático, instalados dentro do reservatório de ração.	45
Figura 2. Posicionamento do suporte de flutuação dentro do tanque rede.....	46
Figura 3. Temperatura da água nos tratamentos: período diurno com correção (PDCC) e sem correção (PDSC) da oferta de ração e do período noturno com correção (PNCC) e sem correção (PNSC) da oferta de ração ao longo do experimento.	52

CAPÍTULO I

Considerações Iniciais

1. Piscicultura marinha e cultivo de bijupirá no Brasil

A produção de pescado marinho brasileiro oriundo da aquicultura foi aproximadamente 84 mil toneladas em 2011, sendo 18,5 mil toneladas são referentes a produção de moluscos bivalves (mexilhão, ostra e vieiras) e 65,5 mil toneladas são referentes a produção de camarão, ou seja, a piscicultura marinha no Brasil ainda não tem representatividade comercial no país (MPA, 2013; BEZERRA et al., 2015). Contudo, com uma costa litorânea de aproximadamente 8.500 km de extensão e a diversidade de litorais com características geográficas favoráveis à piscicultura, especialmente para criação em tanques-rede, o Brasil possui um enorme potencial para o cultivo de peixes marinhos, (BARBOSA, 2009).

Dentre as várias espécies nativas do Brasil com grande potencial de cultivo, tais como as tainhas (*Mugil sp.*), o robalo peba (*Centropomus parallelus*), o robalo flecha (*C. undecimalis*), o linguado (*Paralichthys orbignyanus*), o pargo (*Pargus pargus*), as garoupas (*Epinephelus sp.*) (CRESCÊNCIO, 2005), o bijupirá (*Rachycentron canadum*), por ser um peixe pelágico, carnívoro amplamente distribuído em águas tropicais e subtropicais, tem se destacado como uma espécie de grande potencial para o cultivo (BRIGGS, 1960 citado por FRASER & DAVIES, 2009).

O bijupirá apresenta varias características favoráveis para a aquicultura, como rápido crescimento alcançando o peso comercial de 2 a 6 kg em um ano (CHOU et al., 2001, BENETTI, 2010), boa eficiência alimentar (WEBB et al., 2007) e pode ser alimentado com dietas comerciais (CHOU et al., 2001). Deve-se ainda ressaltar que o bijupirá possui carne branca e de qualidade, tendo alto valor comercial (FRASER & DAVIES, 2009).

Esta espécie vem sendo cultivada em vários países das Américas Latina, Central e Norte (BENETTI et al., 2008) e em países asiáticos, com destaque para Taiwan (LIAO et al., 2004). A reprodução do bijupirá em cativeiro vem sendo realizada no Brasil desde 2007 (SOUSA FILHO & TOSTA, 2008). Neste mesmo ano foram produzidos no país cerca de 20 mil juvenis de bijupirá (BENETTI et al, 2008) e o seu cultivo no país tem potencial para ser economicamente viável, o que vem atraindo o interesse de investidores (SANCHES et al., 2008).

A piscicultura marinha brasileira ainda é incipiente e apesar de poder ser uma atividade economicamente viável, a demanda por insumos e equipamentos exigidos para este tipo de cultivo ainda é baixa o que dificulta o desenvolvimento e crescimento do mercado brasileiro que envolve o cultivo de bijupirá e de peixes marinhos em geral. Tal situação leva a necessidade de importação de matéria prima e alguns equipamentos que encarecem o custo de produção, sendo este um dos gargalos que impedem o crescimento da atividade (BEZERRA et al., 2015). Portanto, maiores estudos para o desenvolvimento de tecnologias voltadas a atender a demanda da piscicultura marinha brasileira e incentivos políticos ainda são necessários o desenvolvimento da atividade.

2. Alimentadores automáticos e automação do manejo alimentar

O oferecimento de ração em grande parte das pisciculturas brasileiras é feito manualmente. A quantidade de alimento a ser fornecido é baseada na idade e na biomassa dentro de cada tanque-rede. À medida que ocorrem variações na temperatura e oxigênio dissolvidos na água, ocorrem mudanças na quantidade de alimentos consumida pelo peixe e, então, a taxa diária de alimentação necessita ser corrigida. Portanto, a precisão na oferta de alimento depende muito da habilidade do tratador, que deverá decidir quanto deve oferecer na próxima refeição de acordo com o consumo e sobra da ração, observados.

A diminuição da interferência do tratador na alimentação dos animais tem contribuído para o desenvolvimento da avicultura e da suinocultura. A avicultura é um exemplo clássico que pode ser seguido pela aquicultura, pois antes da automação, um tratador cuidava de 5.000 aves de corte e atualmente uma única pessoa cuida de 60.000 aves (AGOSTINHO et al., 2011). O uso de alimentadores automáticos na piscicultura possibilita o fornecimento de alimento em alta frequência e inclusive no período noturno, fator determinante no aproveitamento do alimento e no desempenho produtivo de várias espécies, contudo, depende de informações básicas referentes ao consumo de alimento em função da fase de criação, do hábito alimentar, da temperatura e do oxigênio dissolvido na água.

Alimentação em uma piscicultura é considerada como um ponto chave para o sucesso da atividade, pois representa mais de 50% dos custos de produção. Então, a

implantação de um sistema de alimentação que permita ao produtor ter maior controle da ração oferecida aos peixes é importante.

Em Taiwan, a produção de bijupirá passou de 750 toneladas em 1997 para 3710 toneladas em 2001. Isso aconteceu graças às novas técnicas adotadas pelos produtores locais, dentre as quais estão: à utilização de gaiolas submersas; o cultivo em duas fases; melhoria na qualidade da ração; e principalmente, o emprego de equipamentos de alimentação automática (CHANG, 2003).

Na busca por soluções para os problemas no manejo alimentar de peixes, pesquisas têm encontrado resultados promissores. Fiona Cubitta et al. (2008) obtiveram bons resultados usando sensores implantados na musculatura estomacal dos peixes, capazes de informar se existe ou não alimento no estomago do animal, indicando se as trutas estão saciadas ou com fome. Outros dispositivos de monitoramento e controle foram desenvolvidos, Parsonage & Petrell (2003) testaram a eficiência de câmeras no monitoramento do desperdício de pellets de ração e concluíram que o sistema de monitoramento visual poderia ser utilizado para esta finalidade.

A automação do fornecimento de ração é um importante instrumento no desenvolvimento da tecnologia de cultivo de peixes marinhos. Os gastos relativos à alimentação dos peixes envolvem, além dos custos com a compra e armazenamento da ração, a utilização de embarcações e deslocamento de trabalhadores, levando a um aumento nos gastos com combustível e mão-de-obra (BERESTINAS, 2006 citado por NEVES, 2008). A alimentação automática pode diminuir estes custos, pois garante a disponibilidade de alimento aos peixes, diminuindo assim o número de viagens necessárias ao local onde os tanques rede de cultivo estão fixados, isso porque os reservatórios dos alimentadores são abastecidos poucas vezes por semana.

Assim, um sistema de alimentação automática que controle o fornecimento de ração e que seja economicamente viável tanto ao produtor familiar como as grandes empresas, será um ponto chave para o desenvolvimento da piscicultura marinha. Recentemente um alimentador automático de peixes desenvolvido por Agostinho et al. (2010) vem se mostrando uma boa alternativa. Este modelo de alimentador automático se adapta a qualquer tipo de cultivo tanto para água doce como em água salgada, sendo recentemente equipado com sistema de controlador lógico programável (CLP) capaz de

corrigir a quantidade de ração de acordo com as variáveis de temperatura e desempenho dos animais.

O sistema de alimentação automático proposto, opera da seguinte forma: os alimentadores automáticos, controlados por CLP, são calibrados de acordo com o diâmetro dos grânulos da dieta, de maneira que oferte uma quantidade conhecida de ração por segundo, em seguida o CLP é programado de acordo com a frequência alimentar, a quantidade de peixes, a média de peso dos mesmos, a taxa alimentar, a conversão alimentar, prevista para o período e fase de cultivo, período de alimentação (diurno/noturno), regulagem do alimentador e com os valores de redução ou aumento da taxa alimentar para a variação de temperatura da água, prevista para o período de cultivo. Durante a operação do sistema, os sensores de temperatura instalados no viveiro informam a temperatura da água no momento da alimentação e, então, o CLP, de acordo com a programação, calcula, em função da temperatura informada, a quantidade de ração que será oferecida naquele trato.

Este sistema foi utilizado, com sucesso, no cultivo de diversos organismos aquáticos como, peixes e rãs criados em tanques-rede, tanques escavados ou sistemas de baias inundadas (SOUSA et al., 2010; OLIVEIRA et al., 2009; SOUSA et al., 2012; CASTRO et al., 2012; CASTRO et al., 2014) e inclusive no policultivo entre rãs e tilápia (CASTRO et al, 2014b), contudo, sua utilização ainda não foi testada no cultivo de peixe marinho.

3. Manejo alimentar

3.1. Frequência e taxa alimentar

Realizar um bom manejo alimentar não se limita apenas em fornecer um alimento de qualidade aos peixes, pois a forma e o horário da alimentação, a quantidade e o número de vezes que o alimento é fornecido podem resultar em maior crescimento, melhor conversão alimentar e diminuir as perdas de ração (SCHINAITTACHER et al., 2005).

A taxa alimentar representa a quantidade de ração diária ofertada ao peixe, sendo, tal quantidade, expressa na porcentagem de seu peso vivo. Para o cultivo de bijupirá as taxas de alimentação podem variar entre 10% do peso vivo para juvenis

pesando 5 g a 2% do peso vivo para peixes acima de 500g (LIAO et al., 2004; BENETTI et al., 2010). Vários fatores podem influenciar na determinação desta taxa entre eles a idade, temperatura e qualidade da água são os principais (KUBITZA & LOVSHIN, 1999 citados por BARBOSA, 2009). Levando em consideração que o consumo de alimento pelos peixes pode variar em função da temperatura da água (HOWELL & BAYNES, 2004), a taxa alimentar estabelecida para uma determinada faixa de temperatura pode ser excessiva em temperaturas que estão fora desta faixa, sendo que, a prática de uma alta taxa alimentar pode acelerar a passagem do alimento no trato digestório e assim diminuir a digestibilidade e a absorção de nutrientes (FERNÁNDEZ et al., 1998).

O número de refeições diárias em condições naturais pode variar com o hábito alimentar e plasticidade trófica da espécie, não podendo ser utilizada como parâmetro único na definição do manejo alimentar. Sendo assim, o efeito da frequência alimentar para cada espécie em confinamento é importante na definição do melhor manejo. Alguns estudos mostraram que a maior frequência alimentar pode proporcionar maior crescimento dos peixes (CANTON et al., 2007), além disso, o aumento da frequência alimentar, pode trazer benefícios como, distribuir melhor o alimento ao longo do dia melhorando o aproveitamento da ração e diminuindo os desperdícios (SOUSA et al., 2012), diminuir o consumo diário de oxigênio (YAGER & SUMMERFEL, 1994), conferir maior uniformidade ao lote (SOUSA et al., 2010) e diminuir canibalismo, no caso de peixes pelágicos (BENETTI et al., 2001).

Existem vários estudos sobre frequência alimentar com varias espécies de peixes, como o robalo (*Centropomus parallelus*) (NEVES, 2008, BARBOSA, 2009), olho-de-boi (*Seriola dumerili*) (DE LA GÁNDARA et al., 2002), linguado (*Paralichthys olivaceus*) (LEE et al., 2000), acará-bandeira (*Pterophyllum scalare*) (VASQUEZ, 2008), pampo (*Trachinotus marginatus*) (Cunha et al, 2013), entre outros. Contudo, as frequências alimentares comumente estudadas são relativamente baixas e variam entre uma vez ao dia a oito vezes ao dia, sendo raras as pesquisas com frequências maiores que doze vezes por dia. No entanto, recentes estudos mostraram que quando os organismos aquáticos são alimentados com alta frequência alimentar (24, 48 e até 96 vezes ao dia) eles apresentam melhor desempenho, maior uniformidade e conseguem aproveitar melhor a dieta ofertada (SOUSA et al., 2010; SOUSA et al.,

2012; CASTRO et al., 2012; CASTRO et al., 2014). Estas pesquisas demonstraram que alta frequência alimentar poderia reduzir os custos relativos ao desperdício da ração e diminuir o ciclo de produção tanto para o cultivo de peixes como para o cultivo de outros organismos aquáticos.

Existe uma relação entre frequência e taxa alimentar e a interação dessas duas variáveis pode ter efeito sobre o desempenho dos peixes. Mohseni et al. (2006) testaram diferentes frequências com diferentes taxa e constataram, para esturjão (*Huso huso*), que o máximo crescimento foi para a taxa de 2% do peso vivo e frequência de três vezes ao dia. Oliveira (2007) avaliou três diferentes taxas alimentares em alta frequência alimentar (48 vezes/dia) e obteve maior uniformidade, maior ganho de peso e menor tempo de cultivo para os peixes que receberam a maior taxa alimentar (4% do peso vivo). O manejo de alta frequência alimentar permite aumento na taxa alimentar, até certo limite, sem haver desperdícios. Kunii (2010) verificou melhor desempenho de kinguios (*Carassius auratus*) alimentados em alta frequência alimentar e com alta taxa alimentar, mas relatou que houve maior desperdício de ração nos tratamentos de maior taxa alimentar. Segundo Alexandre (2010), a alta frequência alimentar pode ser uma valiosa ferramenta para melhorar o desempenho dos peixes, desde que, se utilize a taxa alimentar adequada.

Poucas pesquisas, envolvendo frequência alimentar e seus efeitos no crescimento do bijupirá, foram realizadas, sendo que as frequências, normalmente utilizadas nos experimentos e em produções comerciais, variam entre uma ou duas vezes ao dia (LIAO et al., 2004; BENETTI et al., 2010; CNAANI & MCLEAN, 2009; WEBB JR et al., 2010). Costa-Bonfim et al. (2014), constataram que as frequências diárias de alimentação testadas (1, 2, 3, 4 e 6 vezes/dia) não influenciaram no desempenho de juvenis de bijupirá, contudo, os autores não investigaram frequências de alimentação maiores que seis refeições diárias.

Visto que a alta frequência alimentar pode melhorar o desempenho dos peixes de cultivo e que existe um aumento no interesse de cultivo de bijupirá, então trabalhos que envolvam o aumento de refeições no cultivo deste peixe são necessários.

3.2. Frequência alimentar e temperatura da água

De maneira geral, os parâmetros físico-químicos da água tem um papel fundamental para o adequado consumo, desempenho e saúde dos peixes (HOWELL & BAYNES, 2004). Para cada espécie de peixe existe um limite térmico máximo e mínimo e dentro dessa faixa a taxa de crescimento dos peixes é máxima, mas fora desse limite ocorrem efeitos deletérios causando uma queda na taxa de crescimento. Portanto, o conhecimento do limite térmico da espécie criada em cativeiro e sua relação com os fatores que envolvem seu crescimento é de extrema importância.

O bijupirá é um peixe encontrado em águas em que a temperatura pode variar entre 16 a 32°C suportando temperaturas de até 37,7 °C (SHAFFER & NAKAMURA, 1989). Segundo Sun et al. (2006), na faixa de temperatura de 27 a 29°C o bijupirá apresenta crescimento e conversão alimentar maximizado, contudo, em temperaturas mais elevadas, o crescimento do bijupirá começa a ficar prejudicado devido ao aumento da excreção de metabolitos potencialmente tóxicos aos peixes. No entanto, em estudo recente, Sun e Chen (2014), avaliando diferentes temperaturas (23 a 35°C) sobre o desempenho e dinâmica bioenergética de juvenis de bijupirá em diferentes faixas de peso (10 a 200g), verificaram que os peixes de peso entre 70 e 200g apresentam maior consumo e melhor eficiência alimentar nas faixas de temperaturas compreendidas entre 27 e 33°C.

O manejo alimentar e a temperatura da água são variáveis que podem se relacionar e influenciar no desempenho dos peixes. No ciprinídeo (*Gobiocypris rarus*), Wu et al. (2015) encontraram interação da frequência alimentar e temperatura da água sobre o consumo de alimento e desempenho de peixe. Segundo os autores, quando os peixes se encontram em temperaturas elevadas, onde são mais ativos, apresentam pior desempenho quando alimentados poucas vezes ao dia e, da mesma maneira, em temperaturas inferiores o maior número de refeições pode piorar o desempenho dos mesmos. Para outras espécies de peixe a interação entre frequência alimentar parece ser menos evidente, pois Kikuchi et al. (2006) não encontraram interação da temperatura da água com a frequência alimentar e densidade de estocagem sobre o desempenho do baiacu tigre (*Takifugu rubripes*).

Dentre os diversos fatores que podem alterar a concentração do oxigênio presente na água, a temperatura é o principal, pois na faixa de temperatura adequada os

peixes estão mais ativos e consomem mais oxigênio reduzindo a concentração de oxigênio dissolvido na água (HOWELL & BAYNES, 2004). Após ingestão de alimento, os peixes aumentam seu consumo de oxigênio (JOBLING, 1981; CUNHA et al., 2009), e quando a quantidade de alimento por refeição é grande ocorre aumento na produção de pepsinogênio e HCl, causando um ambiente altamente ácido no lúmen gástrico e isso representa um elevado custo energético na digestão gástrica (SECOR, 2009). O maior fracionamento da ração ao longo do dia pode facilitar a digestão do alimento e, portanto, reduzir o consumo de oxigênio logo após a refeição (YAGER & SUMMERFEL, 1994; CUNHA et al., 2009).

Os estudos que envolvem a definição de manejo alimentar devem ser realizados em diferentes cenários, desta forma, mesmo em condições não ideais, o produtor pode adotar a melhor estratégia alimentar para cada situação e assim reduzir seus custos com alimentação. Contudo, apesar da importância que o manejo alimentar pode ter para o melhor desenvolvimento da aquicultura, nenhuma literatura relacionada à interação da frequência alimentar e temperatura da água sobre o desempenho do bijupirá foi encontrada.

3.3. Frequência alimentar e Nutrientes da ração

A nutrição é importante para a aquicultura, pois contribui para o crescimento e saúde dos peixes sendo o conhecimento das exigências nutricionais, da formulação de rações balanceadas e do manejo alimentar essenciais para o preparo das dietas (National Research Council (NRC), 2011).

A energia é liberada pela oxidação de carboidratos, lipídeos e proteínas, sendo necessária para realização das atividades fisiológicas dos animais (DE SILVA & ANDERSON, 1995), além disso, atua regulando a ingestão de alimento, pois os peixes consomem o alimento para saciar suas exigências energéticas (LOVELL, 1989, NRC, 2011). No entanto, existe pouca informação disponível na literatura relacionada às exigências energéticas para o bijupirá. As pesquisas realizadas até o momento avaliaram níveis de inclusão de lipídeos, pois este é considerado uma importante fonte de energia concentrada (LOVELL, 1989). Tais estudos encontraram que a exigência de inclusão de lipídeo na dieta para o bijupirá parece ser entre 6 a 12% (CHOU et al., 2001, CRAIG et al., 2006).

Conhecer a exigência lipídica é de extrema importância, mas não é a única fonte energética da dieta. Além disso, os peixes tem uma maior capacidade de aproveitamento da proteína como fonte de energia do que os mamíferos (LOVELL, 1989), e muitas vezes priorizam a fração proteica da dieta como principal fonte de energia. Segundo Wang et al. (2005), o bijupirá é um peixe que prefere utilizar mais a proteína como fonte energética do que o lipídio da dieta. O NRC (2011) recomenda a utilização de 4200 kcal de energia digestível/kg de dieta, no entanto, essa recomendação é baseada na média da energia das rações comerciais utilizadas no cultivo do bijupirá.

A proteína é imprescindível na alimentação animal, já que ela está diretamente envolvida na formação de tecidos, hormônios e enzimas, além disso, pode atuar no transporte de lipídeos e minerais e servir como fonte de energia (BERTECHINI, 2006). Este nutriente tem sido priorizado nos estudos nutricionais, pois além de aumentar o valor econômico da ração, pode influenciar no ganho de peso (MEYER & FRACALOSSO, 2004). Porém, o excesso de proteína, normalmente encontrado em dietas comerciais, é catabolizado aumentando a excreção amônia (NH₃) que é potencial poluente e pode comprometer a qualidade da água (BALDISSEROTTO, 2002; HAYASHI et al., 2002; MELO et al., 2006). Desta forma, o conhecimento das exigências proteicas para as diferentes espécies de peixes é necessário. Alguns trabalhos para determinação do teor de proteína bruta da dieta necessária para juvenis de bijupirá relataram valores próximos a 44 % (CHOU et al., 2001). Craig et al. (2006) encontraram que os juvenis de bijupirá alimentados com ração contendo 40% de proteína bruta apresentaram maior ganho de peso, no entanto, a recomendação do NRC (2011) é de 38% de proteína digestível na ração.

A quantidade de refeições diárias, além de afetar o desempenho, também pode alterar o modo como os peixes aproveitam o alimento. Chiu et al. (1987) observaram que o crescimento e a eficiência de utilização de ração foram 20% melhores para *Milkfish* (*Chanos chanos*), alimentados mais vezes ao dia. Lee et al. (2000) verificaram que os juvenis de (*Paralichthys olivaceous*), quando alimentados com baixa frequência, crescem mais com dietas com maior nível de energia e quando alimentados mais vezes ao dia tem maior ganho com dietas menos energéticas. Argentim et al. (2011) avaliando duas rações comerciais (carnívoro e onívoro) oferecidas para rã-touro (*Lithobates catesbeianus*), verificaram interação do tipo de ração e a quantidade de refeições diárias

de modo que as rãs alimentadas com a maior frequência (48 vezes/dia) aproveitaram melhor a ração formulada para peixe onívoro. Zarate et al. (1999) obtiveram melhor crescimento dos peixes (*Ictalurus punctatus*) alimentados mais vezes ao dia, mas não observaram interação entre as dietas e as frequências de alimentação testadas.

A utilização de um alimento adequado, em combinação com o manejo alimentar correto, é importante para aumentar a produção de peixes (NRC, 2011), contudo, existem poucos trabalhos que consideram os efeitos do manejo alimentar sobre o aproveitamento da dieta no cultivo de bijupirá. A produção deste peixe demonstrou considerável crescimento nos últimos anos, podendo crescer ainda mais com a adequação da nutrição e do manejo alimentar.

3.4. Período de alimentação

Em geral, tanto para os peixes de água doce como para os de água marinha, o fornecimento de alimento é realizado no período diurno. Porém, não são todas as espécies de peixes que se desenvolvem adequadamente quando alimentados no período diurno. Para algumas espécies, principalmente as que apresentam hábito de vida noturno, o período de alimentação que proporciona melhor desempenho é o noturno. Crescêncio et al. (2005) testaram diferentes períodos de alimentação (diurno, noturno e diurno/noturno) no desempenho zootécnico de pirarucu (*Arapaima gigas*) e encontraram pior ganho de peso, pior taxa de crescimento específico e menor consumo de ração quando os peixes foram alimentados no período diurno, concluindo que o pirarucu prefere se alimentar durante a noite.

Em pisciculturas comerciais é praticamente inviável alimentar o peixes durante a noite, pois os custos com a mão-de-obra seriam muito elevados. A utilização de alimentadores automáticos poderia viabilizar a alimentação no período da noite evitando o aumento do custo com mão-de-obra. Alguns estudos mostram que com o uso da alimentação automática é possível oferecer ração à noite ou então alimentar os peixes continuamente (dia/noite) melhorando o desempenho. Hossain et al. (2001), utilizando alimentadores automáticos, avaliaram diferentes períodos de alimentação para juvenis do bagre-africano (*Clarias gariepinus*) e constataram que houve melhora na conversão alimentar, maior crescimento dos peixes e menor desperdício de ração quando o alimento foi fornecido à noite ou continuamente (dia/noite). Sousa et al. (2012) com o

uso de alimentadores automáticos, ofereceram ração para juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*) mantidas em tanques-rede em diferentes períodos (dia, noite e dia/noite) e em diferentes intervalos de alimentação e obtiveram como resultado maior ganho de peso dos animais alimentados durante o dia e continuamente (dia/noite) com menor intervalo entre as refeições (a cada 1 hora).

Para definir o melhor período para oferecer alimento e com isso obter o máximo desempenho dos peixes em condições de cultivo, é fundamental conhecer os hábitos de vida e o período que a espécie cultivada prefere se alimentar. A criação do bijupirá em cativeiro é uma atividade relativamente recente e apesar de, em certos países, já estar comercialmente estabelecida, o conhecimento sobre nutrição e alimentação do seu cultivo, não estão bem definidos (HOLT et al., 2007; CAVALLI et al., 2011).

Algumas décadas atrás Shaffer & Nakamura (1989) atentaram que até aquele momento nenhuma pesquisa que evidenciasse o hábito de alimentação diurna do bijupirá havia sido realizada. Anos depois, em estudo sobre o conteúdo estomacal de juvenis de bijupirá no Golfo do México, Franks et al. (1996) verificaram que os juvenis capturados a noite apresentavam menor quantidade de alimento no estômago do que aqueles capturados durante o dia e propuseram que o peixe havia se alimentado no período diurno. Os resultados encontrados por estes autores podem servir como evidência de uma possível preferência do bijupirá se alimentar durante o dia. No entanto, com estas informações não é possível afirmar que o bijupirá apresenta hábito alimentar noturno ou diurno. A literatura traz pouca informação sobre o período de maior atividade alimentar deste peixe, sendo fundamental, para o seu bem estar e para o crescimento da produção comercial desta espécie estudos que avaliem o período de alimentação mais adequado a sua necessidade fisiológica.

Com base nas informações contidas neste capítulo, esta tese está apresentada em dois capítulos intitulados:

Capítulo II - Influência da temperatura da água e da frequência alimentar sobre o desempenho de juvenis de bijupirá criados em sistema de recirculação de água. A

redação deste capítulo foi realizada de acordo com as normas de publicação do periódico *Aquaculture*.

Capítulo III - Controle automatizado da oferta da ração de acordo com a temperatura da água e avaliação de diferentes manejos de alimentação no cultivo de bijupirá. A redação deste capítulo foi realizada de acordo com as normas de publicação do periódico *Aquaculture*.

4. Referências Bibliográficas

AGOSTINHO, C.A., et al. **Alimentador automático para peixes e organismos aquáticos em geral**. INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial, BR n. PI 1005536-3 A2, 03 Dez., 2010.

ALEXANDRE, J. S. **Taxa de alimentação e frequência alimentar para surubins criados em tanque rede: desempenho produtivo e digestibilidade de proteína**. 2010. 51 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

ARGENTIM, D. et al. Efeito de dois tipos de ração comercial distribuídas em baixa e alta frequência alimentar sobre o desempenho da rã-touro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 21., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: Zootec, 2011. 1 CD-ROM.

BALDISSERTTO, B. Osmorregulação. In: BALDISSERTTO, B. **Fisiologia de peixes aplicada à piscicultura**. Santa Maria: Editora UFSM, 2002. cap. 5, p. 73-98.

BARBOSA, M. C **Efeito da taxa de alimentação e da adição de probiótico na dieta sobre o desempenho zootécnico em juvenis de robalo-peva *Centropomus parallelus***. 2009. 50 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BENETTI, D. D. et. al. Marine fish culture prospects in Latin America and the Caribbean. **Global Aquaculture Alliance Technical Magazine**, St. Louis, v. 4, p. 71-74, 2001.

BENETTI, D. D. et al. Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. **Aquaculture**, Amsterdam 2010. In press.

BENETTI, D. D. et. al. Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, Chichester, v. 39, p. 701-711, 2008.

BERTECHINI, A. G. Metabolismo de proteína. In: BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástrico**. Lavras: Editora UFLA, 2006. cap. 7, p. 101-130.

- BEZERRA, T. R. Q. et al. Economic analysis of cobia (*Rachycentron canadum*) Cage culture in large- and small-scale production systems in Brazil. **Aquaculture International**, Dordrecht, v. 23, p. 1-14, 2015.
- CANTON, R. et al. Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 4 p. 749-753, 2007.
- CASTRO, C. S. et. al. Feed digestibility and productive performance of bullfrogs fed high and low frequency. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 326-329, p. 123-128, 2012.
- CASTRO, C. S. et. al. Feed digestibility and productive performance of bullfrogs raised in cages and fed in different periods and high frequency. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 433, p. 1-5, 2014.
- CASTRO, C. S. et al. Polyculture of frogs and tilapia in cages with high feeding frequency. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 61, p. 43-48, 2014.
- CAVALLI, R. O., DOMINGUES, E. C., HAMILTON, S. Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. SE, p. 155-164, 2011.
- CHANG, D. O cultivo do bijupirá em Taiwan: Escolha de um peixe de carne branca para consumidores exigentes. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 79, p.43-49, 2003.
- CHIU, Y. N., SUMAGAYSAY, N. S., SASTRILLO, M. A. S. Effect of feeding frequency and feeding rate on the growth and feed efficiency of Milkfish, *Chanos chanos* Forsskal, juvenile. **Asian Fisheries Science**, Penang, n. 1, p. 27-31, 1987.
- CHOU, R. L., SU, M. S., CHEN, H. Y. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 193, p. 81-89, 2001.
- COSTA-BOMFIM, C. N. et al. The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 30, n.1, p. 135-139, 2014.
- CNAANI A., MCLEAN, E. Time-course response of cobia (*Rachycentron canadum*) to acute stress. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 289, p. 140-142, 2009.

- CRAIG, S. R., SCHWARZ, M. H., MCLEAN, E. Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics, **Aquaculture**, Amsterdam, v. 261, n. 1, p. 384-391, 2006.
- CRESCÊNCIO, R. Ictiofauna brasileira e seu potencial para criação. In: BALDISSEROTTO, B., GOMES, L. C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora UFSM, 2005. cap. 1, p. 23-33.
- CRESCÊNCIO, R. et al. Influência do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 40, n. 12, p. 1217-1222, 2005.
- CUNHA, V. L. et al. Feeding rate and frequency on juvenile pompano growth. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 48, n. 8, p. 950-954, 2013.
- CUNHA, V. L. et al. Consumo de oxigênio pós-prandial de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 1245-1247, 2009.
- DE LA GÁNDARA, F., GARCÍA-GÓMEZ A., JOVER, M. Effect of feeding frequency on the daily oxygen consumption rhythms in young Mediterranean yellowtails (*Seriola dumerili*). **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v.26, p.27-39, 2002.
- DE SILVA, S. S., ANDERSON, T. A. **Fish Nutrition in Aquaculture**. London: Chapman & Hall Aquaculture Series, 1995. 319 p.
- FERNÁNDEZ, F. et al. Digestion and digestibility in gilthead sea bream (*Sparus aurata*): the effect of diet composition and ration size. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 166, p. 67-84, 1998.
- FIONA CUBITTA, K. et al. Development of an intelligent reasoning system to distinguish hunger states in Rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Computers and Electronics in Agriculture**, Amsterdam, v. 62, n. 1, p. 29-34. 2008.
- FRANKS, J. S., GARBER, N. M., WARREN, J. R. Stomach contents of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, from the Northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, Seattle, v. 94, p. 374-380, 1996.

FRASER, T. W. K., DAVIES, S. J. Nutritional requirements of cobia. **Aquaculture Research**, Chichester, v. 40, p. 1219-1234, 2009.

HAYASHI, C. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 2, p. 823-828, 2002.

HOLT, G. J., FAULK, C., SCHWARZ, M. A review of the larviculture of cobia *Rachycentrom canadum*, a warm water marine fish. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 268, p.181-187, 2007.

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

HOWELL, B. R., BAYNES, S. M. Abiotic Factors. In: MOKSNESS, E., KJØRSVIK, E., OLSEN, Y. **Culture of cold-water marine fish**. Oxford: Ed. Blackwell Publishing, 2004. cap. 2, p. 7-26.

JOBLING, M. The influences of feeding on the metabolic rate of fishes: a short review. **Journal of Fish Biology**, Chichester, v. 18, n. 4, p. 385–400, 1981.

KIKUCHI, K. et al. Effect of Feeding Frequency, Water Temperature, and Stocking Density on the Growth of Tiger Puffer, *Takifugu rubripes*. **Journal of the World Aquaculture Society**, Hoboken, v. 37, n. 1, p 12-20, 2006.

KUBITZA, F. Piscicultura marinha: parceria entre empresas resgata a imagem do bijupirá. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 142, p. 14-25, 2014.

KUNII, E. M. F. **Frequência alimentar e taxa de alimentação para kinguio criado em hapa: desempenho produtivo e avaliação econômica**. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2010.

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

- LIAO, I. C. et al. Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 237, p. 155-165. 2004.
- LOVELL, R. T. **Nutrition and feeding of fish**. New York: Van Nostrand-Reinhold, 1989. 260 p.
- MALLASEN, M., VALENTI, W.C. Comparison of Artificial and Natural, New and Reused, Brackish Water for the Larviculture of the Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* in a Recirculating System. **Journal of the World Aquaculture Society**, 29: 345–350, 1998.
- MELO, J. F. B. et al. Effects of dietary levels of protein on nitrogenous metabolism of *Rhamdia quelen* (Teleostei: Pimelodidae). **Comparative Biochemistry and Physiology**, New York, v. 145, p. 181-187, 2006.
- MEYER, G., FRACALOSSO, D. M. Estimation of jundia (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirement based on muscle amino acid composition. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 401-405, 2005.
- MOHSENI, B. et al. Effect of feeding rate and frequency on growth performance of yearling great sturgeon, *Huso huso*. **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 22, p. 278-282, 2006.
- BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura 2011**. Brasília, 2013.
- NEVES, F. F. **Influência da frequência alimentar sobre o desempenho de juvenis de robalo peva *Centropomus parallelus***. 2008. 28 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy of Sciences Press, 2011.
- OLIVEIRA, F. A. et al. Manejo alimentar com dispensador automático na recria de rã-touro. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 58, p. 589-592, 2009.
- OLIVEIRA, F.A. **Taxas e intervalos de alimentação na produção de tilapia em tanque-rede com dispensador automático de ração**. 2007. 81 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2007.

PARSONAGE, K. D., PETRELL, R. J. Accuracy of a machine-vision pellet detection system. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 29, p.109-123, 2003.

SANCHES E. G. et al. Viabilidade econômica do cultivo do bijupirá (*Rachycentron canadum*) em sistema offshore. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 38, n. 12, p. 42-51, 2008.

SCHNAITTACHER, G., KING, W., BERLINSKY, D.L. The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. **Aquaculture Research**, Chichester, v. 36, n. 4 , p. 370-377, 2005.

SECOR, S. M. Specific dynamic action: a review of the postprandial metabolic response. **Journal of Comparative Physiology B**, Heidelberg, v. 179, n. 1, p. 1-56, 2009.

SHAFFER, R. V., NAKAMURA, E. L. Synopsis of biological data on Cobia, *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). **NOAA Technical Report NMFS**, Seattle, n. 82, 1989.

SOUSA FILHO, J., TOSTA, G. A. M. Bijupirá: As primeiras desovas da geração fl. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 110, p. 50-53, 2008.

SOUSA, R. M. R. et al. Recria de rã-touro (*Rana catesbeiana*) em tanques rede alojados em viveiros de tilápia. **Archivos de Zootecnia**, Cordoba, v. 59, p. 225, 2010.

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, n. 1, p. 192-197, 2012.

SUN, L., CHEN, H., HUANG, L. Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*), **Aquaculture**, Amsterdam, v. 261, n. 3, p. 872-878, Dec. 2006.

SUN, L., CHEN, H. Effects of water temperature and fish size on growth and bioenergetics of cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, Amsterdam, v. 426-427, p. 172-180, Apr. 2014.

- VASQUEZ, L. A. **Níveis de arraçoamento e frequência alimentar no desempenho produtivo do acará-bandeira *Pterophyllum scalare***. 2008. 40 f. Dissertação (Mestrado em Aquicultura)- Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.
- WANG, J. T. et al. Effect of dietary lipid level on growth performance, lipid deposition, hepatic lipogenesis in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*), **Aquaculture**, Amsterdam, v. 249, n. 1-4, p. 439-447, Sep. 2005.
- WEBB, K. A. et al. Growth of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at three different densities in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 264, p. 223-227, 2007.
- WEBB JR, K.A., RAWLINSON, L. T., HOLT, G. J. Effects of dietary starches and the protein to energy ratio on growth and feed efficiency of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 16, n. 5, p. 447-456, 2010.
- WU, B., LUO, S., WANG, J. Effects of temperature and feeding frequency on ingestion and growth for rare minnow. **Physiology & Behavior**, Philadelphia, v. 140, p. 197-202, 2015.
- YAGER, T. K., SUMMERFEL, R. C. Effects of feeding frequency on metabolism of walleye. **Aquacultural Engineering**, Amsterdam, v. 13, p. 257-282, 1994.
- ZARATE, D. D, LOVELL, R. T, PAYNE, M. Effects of feeding and rate of stomach evacuation on utilization of dietary free and protein-bound lysine for growth by channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Aquaculture Nutrition**, Oxford, v. 5, p. 17-22, 1999.

CAPÍTULO II

Influência da temperatura da água e da frequência alimentar sobre o desempenho de juvenis de bijupirá (*Rachycentron canadum*) criados em sistema de recirculação de água

Resumo

A adequada frequência alimentar pode proporcionar maior crescimento dos peixes, contudo a escolha da melhor estratégia pode variar de acordo com as condições ambientais. O objetivo do estudo foi avaliar os efeitos da frequência alimentar e da temperatura da água no desempenho do bijupirá. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3 com seis tratamentos e três repetições. Os tratamentos consistiram em ofertar a ração em quatro ou 24 refeições por dia aos juvenis de bijupirá ($40 \pm 4,5$ g) submetidos a três temperaturas da água, 24, 27 ou 30°C. Os resultados mostraram que houve interação da temperatura da água e frequência de alimentação sobre o desempenho dos peixes. Na água com temperatura de 24 e 27°C, os peixes alimentados quatro vezes ao dia apresentaram maior ganho de peso médio (GPM), maior taxa de crescimento específico (TCE) e melhor conversão alimentar (CAA) ($p < 0,05$) do que aqueles alimentados 24 vezes ao dia, porém, esta diferença não foi significativa para os peixes mantidos a 30°C. No entanto, não houve diferença ($p > 0,05$) para a conversão alimentar dos peixes criados na água com temperatura de 24, 27 e 30°C quando a ração foi distribuída com maior frequência (24 vezes/dia). Portanto, quando criado em temperaturas de 24 e 27°C, o bijupirá deve ser alimentado quatro vezes ao dia, mas quando os peixes são criados na temperatura de 30°C as frequências de alimentação avaliadas (04 e 24 refeições/dia) não influenciam o desempenho do bijupirá.

Palavras-chave: alimentador automático, manejo alimentar, oxigênio, *Rachycentron canadum*

Influence of water temperature and feeding frequency on performance of cobia (*Rachycentron canadum*) juvenile raised in water recirculation system

Abstract

The appropriate feeding frequency can provide the fastest fish growing performance; however the choice of the best feeding strategy may vary according to environmental conditions. The aim of this study was to evaluate the effect of feeding frequency and water temperatures in cobia performance. The experimental design was completely randomized in a 2x3 factorial design with six treatments and three replicates. The treatments consisted of the feed offering four or 24 meals a day to cobia juvenile (40 ± 4.5 g) and three water temperatures, 24, 27 or 30°C. The results showed that there was interaction between the water temperature and feeding frequency on fish performance. The fish fed four times a day, in water at 24 to 27°C, had higher average weight gain (AWG), specific growth rate (SGR) and feed conversion rate (FCR) ($p < 0.05$) than those fed 24 times a day, however, this difference was not significant for fish raised in water at 30°C. However, there was no difference in feed conversion rate ($p > 0.05$) for fish raised at 24, 27 and 30°C when the feed was distributed more times per day (24 times/day). Therefore, when raised in temperature 24 and 27 ° C, the cobia must be fed four times a day, but when the fish are raised in temperature to 30 ° C the evaluated feeding frequency (04 and 24 meals / day) do not affect cobia performance.

Keywords: automatic feeder, feed management, oxygen, *Rachycentron canadum*

Introdução

Na aquicultura os custos com a alimentação representam entre 50 a 70% dos custos de produção (Ayroza et al., 2005; NRC, 2011) e o adequado manejo alimentar tem papel importante para redução destes custos. O manejo alimentar não se limita a fornecer alimento de qualidade aos peixes, mas a forma e horário, a quantidade e o número de vezes que o alimento é fornecido podem resultar em maior crescimento, melhor conversão alimentar e diminuir as perdas de ração (Schnaittacher et al., 2005). A frequência alimentar é uma estratégia de manejo que pode proporcionar maior crescimento aos peixes (Canton et al., 2007; Schnaittacher et al., 2005). Estudos mostram que quando os organismos aquáticos são alimentados com alta frequência alimentar (24, 48 e até 96 vezes ao dia) apresentam melhor desempenho, maior uniformidade e aproveitam melhor a dieta (Castro et al., 2012; Castro et al., 2014a ; 2014b ; Sousa et al., 2010; Sousa et al., 2012).

O bijupirá (*Rachycentron canadum*) é um peixe pelágico, carnívoro amplamente distribuído em águas tropicais e subtropicais que é cultivado em países da América Latina e da Ásia por apresentar características favoráveis para a aquicultura, como rápido crescimento, aceitar dietas comerciais, boa eficiência alimentar, carne de qualidade e de alto valor comercial (Benetti et al., 2008; Benetti, 2010; Chou, et al., 2001; Fraser e Davies, 2009; Liao et al., 2004; Webb et al., 2007). Apesar de estar sendo cultivado há algumas décadas, pouca informação, envolvendo frequência alimentar e seus efeitos no crescimento do bijupirá, foi encontrada. Na única publicação disponível até o momento, Costa-Bomfim et al. (2014) constataram que as frequências de alimentação testadas (1, 2, 3, 4 e 6 refeições/dia) não influenciaram no desempenho de juvenis de bijupirá.

Os peixes são animais que ectodérmicos e, portanto, suas funções metabólicas são muito influenciadas pela temperatura do ambiente onde vivem. O bijupirá é encontrado em águas onde a temperatura pode variar entre 16 a 32°C suportando temperaturas de até 37,7 °C, mas expressa melhor desempenho de crescimento e maior atividade metabólica em temperatura entre 27 e 33°C (Shaffer e Nakamura, 1989; Sun et al., 2006; Sun e Chen, 2014).

A frequência alimentar adequada para uma determinada temperatura da água pode não ser a mais indicada para outra faixa de temperatura. Segundo Wu et al.(2015),

quando os ciprinídeos (*Gobiocypris rarus*) se encontram em temperaturas elevadas, onde são mais ativos, apresentam pior desempenho quando alimentados poucas vezes ao dia e, da mesma maneira, em temperaturas inferiores, o maior número de refeições pode piorar o desempenho dos mesmos.

Além disso, a temperatura da água apresenta forte correlação com os níveis de oxigênio dissolvido, onde a elevação da temperatura pode reduzir a saturação de oxigênio na água e com o nível abaixo ideal, os peixes podem reduzir o consumo de alimento aumentando a predisposição a doenças e piorando o ganho de peso e conversão alimentar (Howell e Baynes, 2004). Assim, os estudos que envolvem a definição de manejo alimentar devem ser realizados em diferentes cenários. Desta forma, mesmo em condições não ideais, o produtor pode adotar a melhor estratégia alimentar para cada situação e assim reduzir seus custos com alimentação.

Neste contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar o desempenho de bijupirá alimentados com baixa e alta frequência alimentar e diferentes temperaturas da água.

Material e Métodos

1.1. Instalações

O experimento foi executado no Laboratório de Aquicultura da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – UNESP Campus de Botucatu. O Sistema de Recirculação de Água do laboratório possui 18 aquários de cerca de 300L de volume, dispostos em três conjuntos, sendo cada conjunto composto por seis aquários. A água de cada conjunto de aquários era filtrada em um sistema composto por filtros físicos, biológicos, um “*skimmer*” para remoção de sólidos orgânicos e proteicos que ficam em suspensão na água, além disso, foram utilizadas lâmpadas de UV (36 watts) para desinfecção da água, bem como, termostatos e aquecedores para regular e manter a temperatura da água.

Para a execução do experimento, foram preparados 20 mil litros de água marinha artificial, seguindo o que foi proposto por Mallasen e Valenti (1998): cada um dos sais comerciais (Cloreto de Sódio, Sulfato de Magnésio, Cloreto de Magnésio, Cloreto de Cálcio, Cloreto de Potássio e Bicarbonato de Sódio), foi pesado e em seguida solubilizado com água proveniente de mina e aeração forte. Logo após o preparo, as

soluções foram misturadas, uma a uma, seguindo a ordem decrescente de sua concentração na água do mar. Depois de todos os sais serem adicionados, a solução foi transferida para um tanque de armazenamento, o volume foi completado para 1000 litros e a solução deixada em aeração constante. Após 24h, e seguindo o mesmo procedimento descrito anteriormente, os outros sais (Brometo de Potássio, Sulfato de Manganês, Cloreto de Lítio, Molibdato de Sódio e Tiosulfato de Sódio) foram pesados e após a solubilização de cada sal com água mineral, as respectivas soluções foram adicionadas, uma a uma, à solução armazenada, então, a água artificial marinha (AAM) ficou mantida em aeração por mais 24h. Ao final deste período a salinidade da AAM foi mantida a 30‰ com reposição da água doce que era perdida pelo processo de evaporação e, em seguida, foi transferida para o sistema de recirculação de água com a finalidade de formação da biologia dos filtros até que se iniciasse o experimento, sendo a temperatura da água de cada conjunto de aquários ajustada de acordo com os tratamentos. A Tabela 1 mostra a formulação da água artificial marinha utilizada no experimento. O oxigênio dissolvido da água era monitorado duas vezes ao dia e a salinidade mantida em 30‰.

Tabela 1. Fórmula da água marinha artificial¹.

Ingredientes	Quantidade (g/100 L de água)
Cloreto de Sódio (NaCl)	2760
Sulfato de Magnésio (MgSO ₄ .7H ₂ O)	690
Cloreto de Magnésio (MgCl ₂ .6H ₂ O)	540
Cloreto de Cálcio (CaCl ₂ .2H ₂ O)	140
Cloreto de Potássio (KCl)	60
Bicarbonato de sódio (NaHCO ₃)	20
Brometo de Potássio (KBr)	2,7
Sulfato de Manganês (MnSO ₄ .H ₂ O)	0,4
Cloreto de Lítio (LiCl)	0,1
Molibdato de Sódio (Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O)	0,1
Tiosulfato de Sódio (Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O)	0,1

¹ Adaptado de Mallasen e Valenti (1998)

O sistema de alimentação automático (Agostinho et al., 2010) utilizado no laboratório era composto de 18 alimentadores automáticos, controlados por Controlador

Lógico Programável (CLP). Cada alimentador foi regulado de maneira que ofertasse aproximadamente 1,0 g de ração por segundo e em seguida adaptados nos aquários. O CLP foi programado de acordo com os seguintes parâmetros: tratamento (frequência alimentar), quantidade de peixes dos aquários, média de peso dos peixes de cada aquário, taxa alimentar estabelecida em 4% do peso vivo, conversão alimentar prevista para o período e fase de cultivo (1,5 kg de ração/kg de ganho de peso), período de alimentação (diurno), e quantidade de ração dispensada pelo alimentador em um segundo.

1.2. Peixe e dieta experimental

Os 220 juvenis de bijupirá com peso médio de aproximadamente 30 g, foram trazidos para o Laboratório de Aquicultura da FMVZ-UNESP Campus de Botucatu-SP, no início de maio de 2015. Para o transporte, os peixes mantidos em jejum por 24h, foram colocados em caixa de transporte abastecida com 500 L de água do mar. O oxigênio dissolvido da água de transporte foi mantido em 7 mg/L pelo uso de oxigênio comprimido em cilindro e a temperatura da água permaneceu em torno de 26°C durante as 6 horas de transporte.

No laboratório, os peixes foram aclimatados para temperatura da água do local (27 °C) e receberam banho profilático de água doce durante cinco minutos. Em seguida, os peixes foram distribuídos nos aquários e neles mantidos para aclimação às condições experimentais.

O período de aclimação foi de aproximadamente 10 dias, durante esse tempo os peixes receberam a dieta experimental à vontade duas vezes ao dia. Depois de aclimatados, 180 juvenis com peso médio de $40 \pm 4,5$ g foram classificados e em seguida distribuídos nos 18 aquários do experimento na densidade de 10 peixes/aquário. No final de 35 dias de experimento, após biometria, o peso dos peixes foi registrado.

Durante o experimento, a ração foi ofertada aos peixes pelos alimentadores automáticos e a quantidade oferecida ao dia era equivalente a 4% do peso vivo. O reservatório de ração do alimentador automático era reabastecido duas vezes na semana e a quantidade de ração, colocada dentro dos reservatórios era registrada. Na Tabela 2 são apresentadas a composição percentual e nutricional da dieta experimental que foi

formulada e preparada de acordo com proposto por Chou et al. (2001) e com as recomendações do NRC (2011), sendo a energia bruta da ração determinada de acordo com a relação entre energia e proteína de 10 kcal/g de PB conforme o estudo de Craig et al. (2006).

Tabela 2. Formulação e composição nutricional calculada da dieta experimental.

<i>Ingredientes</i>	<i>% na dieta</i>	
*Farinha de Lula 80%		23,00
*Farinha de Salmão -65%		22,72
Grits de Milho		14,92
Quirera de Arroz		11,76
Farelo de Soja -48%		11,56
Farelo de Trigo		8,00
*Óleo de Salmão		5,04
¹ Premix Vitamínico Mineral		1,50
DL-Metionina-99%		0,80
Calcário Calcítico		0,50
Taurina -99%		0,10
Vitamina C -35		0,05
² BHT - Antioxidante		0,05
<i>Composição nutricional calculada</i>		
Energia Bruta	Kcal/kg	4300
Umidade	%	11,79
Proteína Bruta	%	43,00
Extrato Etéreo	%	8,29
Fibra Bruta	%	2,00
Matéria Mineral	%	7,22
Cálcio Total	%	1,54
Fósforo Total	%	0,80
Lisina	%	2,87
Metionina	%	1,60
ENN	%	27,70

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.

*Produto importado e distribuído por TECTRON - Nutrição e Saúde Animal.

1.3. Delineamento Experimental

O experimento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x3 com três repetições por tratamento, sendo cada aquário uma unidade experimental. Os tratamentos consistiram em ofertar a ração diária em 4 (F4) ou 24 (F24) refeições por dia aos peixes submetidos a três temperaturas da água 24 (T24), 27 (T27) ou 30°C (T30).

1.4. Características de desempenho avaliadas

Com peso inicial (P_i) e peso final (P_f) dos peixes e com as quantidades de ração ofertada e registrada, foi avaliado o ganho de peso médio (GPM), conversão alimentar aparente (CAA), sobrevivência (S) e taxa de crescimento específico (TCE). Estes índices foram calculados utilizando as seguintes equações:

- a) $GPM = P_f - P_i$,
- b) $CAA = \text{ração fornecida} / GPM$,
- c) $S = (\text{número de animais final} / \text{número de animais inicial}) \times 100$
- d) $TCE = 100 \times [(\ln P_f - \ln P_i) / t]$ onde t é o tempo de duração do experimento em dias.

Para avaliar a variação a concentração de oxigênio dissolvido (O_2D) na água, com oxímetro eletrônico YSI-55, o O_2D foi aferido diariamente no período da manhã ($O_2D_{manhã}$) e final da tarde (O_2D_{tarde}) e seus valores anotados. Com esses valores foram calculados a média diária da concentração de O_2D (O_2D_m) e a diferença entre o O_2D da manhã e o da tarde (ΔO_2D), para isso se utilizou as seguintes equações:

- e) $O_2D_m = (O_2D_{manha} + O_2D_{tarde}) / 2$,
- f) $\Delta O_2D = O_2D_{manha} - O_2D_{tarde}$,

1.5. Análises Estatísticas

Os dados de desempenho foram submetidos à ANCOVA. Como a concentração de oxigênio dissolvido médio da água pode variar em função da temperatura e influenciar nos resultados de desempenho dos peixes, foi aplicado covariável no O_2D_m para minimizar os efeitos desta variável sobre as variáveis de desempenho.

Os dados da concentração de oxigênio dissolvido (O_2D) na água no período da manhã (O_2D_{manha}), da tarde (O_2D_{tarde}), da media diária de O_2D (O_2D_m) e da diferença entre os níveis O_2D (ΔO_2D) foram submetidos a análise de variância. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software SAEG, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey e o nível de significância adotado foi de 5%.

Resultados

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que houve interação da temperatura da água e frequência de alimentação dos peixes para Pf, GPM, TCE e CAA dos juvenis de bijupirá.

Tabela 3. Peso final (Pf), ganho de peso médio (GPM), taxa de crescimento específico (TCE), conversão alimentar aparente (CAA) e sobrevivência (S) ao final de 35 dias de experimento.

Variáveis	Frequência Alimentar (F)	Temperatura da Água (T)			Valor de P (F)	Valor de P (T)	Valor de P (F x T)	² CV
		24°C	27°C	30°C				
Pi (g)	F4	40,36	39,91	39,29	¹ NS	NS	NS	1,61
	F24	40,66	38,63	39,16				
Pf (g)	F4	96,84 ^{abA}	105,2 ^{abA}	85,36 ^{bA}	0,009	NS	0,046	6,95
	F24	86,72 ^{abB}	84,45 ^{abB}	86,79 ^{aA}				
GPM (g)	F4	56,48 ^{abA}	65,26 ^{abA}	46,07 ^{bA}	0,009	NS	0,046	11,84
	F24	46,05 ^{abB}	45,81 ^{abB}	47,63 ^{aA}				
TCE (%.dia ⁻¹)	F4	2,52 ^{abA}	2,78 ^{abA}	2,20 ^{bA}	0,007	NS	0,046	7,89
	F24	2,15 ^{abB}	2,21 ^{abB}	2,25 ^{aA}				
CAA	F4	1,23 ^{aA}	1,11 ^{aA}	1,67 ^{bA}	0,004	NS	0,041	12,78
	F24	1,68 ^{bB}	1,72 ^{bB}	1,63 ^{bA}				
S (%)	F4	100,00	100,00	98,98	NS	NS	NS	7,083
	F24	94,81	99,15	92,25				

^{a,b} Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

^{A,B} Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

¹NS: Não Significativo ($p > 0,05$)

²CV: Coeficiente de variação.

Nas temperaturas da água de 24 e 27°C, os peixes alimentados quatro vezes ao dia (F4) apresentaram maior Pf, GPM, TCE e melhor CAA ($p < 0,05$) do que aqueles

alimentados 24 vezes ao dia (F24), porém, não houve efeito significativa da frequência alimentar no desempenho dos peixes mantidos na temperatura de 30°C.

O Pf, GPM, TCE e CAA dos peixes criados na água com temperaturas de 24, 27 e 30°C foram semelhantes quando a ração foi ofertada 24 vezes/dia. O mesmo comportamento com relação à temperatura da água pode ser observado para o Pf, GPM e TCE dos peixes alimentados quatro vezes ao dia. No entanto, a CAA dos peixes que receberam ração menos vezes ao dia foi pior ($p < 0,05$) quando criados na água com temperatura de 30°C. A sobrevivência dos peixes não foi influenciada ($p > 0,05$) por nenhum dos tratamentos avaliados

Tabela 4. Concentração de oxigênio dissolvido (O₂D) na água no período da manhã (O₂Dmanha), da tarde (O₂Dtarde), da média diária de O₂D (O₂Dm) e da diferença entre os níveis O₂D (Δ O₂D), durante 35 dias de experimento.

Frequência alimentar (vezes.dia ⁻¹)	Temperatura (°C)	O ₂ Dmanha (mg.L ⁻¹)	O ₂ Dtarde (mg.L ⁻¹)	O ₂ Dm (mg.L ⁻¹)	Δ O ₂ D (mg.L ⁻¹)
4	24	5,37	4,99	5,18	0,385
4	27	5,06	4,57	4,82	0,492
4	30	4,73	4,01	4,37	0,723
24	24	5,41	5,12	5,26	0,294
24	27	4,72	4,15	4,43	0,574
24	30	4,73	3,97	4,35	0,757
Média dos Fatores					
Frequência Alimentar	4	5,06	4,52	4,79	0,533
	24	4,95	4,41	4,68	0,542
Temperatura da Água	24	5,39 ^A	5,05 ^A	5,22 ^A	0,339 ^A
	27	4,89 ^B	4,36 ^B	4,62 ^B	0,533 ^{AB}
	30	4,73 ^B	3,99 ^B	4,36 ^B	0,740 ^B
<i>Frequência alimentar (F) Valor de P</i>		<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
<i>Temperatura da Água (T) Valor de P</i>		<i>0,0013</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,0002</i>	<i>0,009</i>
<i>Interação (F x T) Valor de P</i>		<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>	<i>NS</i>
² CV		<i>4,859</i>	<i>6,394</i>	<i>5,25</i>	<i>34,53</i>

^{A,B} Médias seguidas de diferentes letras maiúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

¹ NS: Não Significativo ($p > 0,05$).

²CV: Coeficiente de variação

Os níveis de oxigênio dissolvido (O_2D) na água para as temperaturas de 27 e 30°C não diferiram significativamente entre si, mas foram menores ($p < 0,05$) em comparação com o tratamento em que água permaneceu a 24°C (Tabela 4). Os níveis de oxigênio não foram afetados pela frequência alimentar, bem como, não houve interação dos tratamentos sobre os níveis de O_2D na água.

A diferença entre a concentração do O_2D do período da manhã e da tarde (ΔO_2D) no tratamento com temperatura da água mais elevada (30°C) foi maior do que a ΔO_2D o tratamento com água de menor temperatura (24°C), indicando maior redução dos níveis oxigênio dissolvido ao longo do dia, quando água estava na temperatura de 30°C.

Discussão

A alta frequência alimentar (24 refeições/dia) é uma estratégia que se aplicada de maneira adequada, pode proporcionar maior crescimento dos peixes, reduzir o desperdício de ração e melhorar o aproveitamento da dieta pelos organismos aquáticos em cativeiro (Canton et al., 2007; Castro et al., 2012; Castro et al., 2014; Schnaittacher et al., 2005; Sousa et al., 2012; Yager e Summerfel, 1994). Costa-Bomfim et al. (2014) constataram que as frequências de alimentação de 1, 2, 3, 4 e 6 vezes/dia não influenciaram no desempenho de juvenis de bijupirá criados em condição de laboratório e sugeriram que o mais adequado era alimentar os peixes uma vez ao dia, contudo, os autores não avaliaram frequências de alimentação maiores que 6 refeições/dia. Os resultados encontrados no presente estudo mostram que houve influência da frequência alimentar no desempenho do bijupirá, mas não ficou evidente que a maior frequência alimentar proporcionou melhor desempenho aos peixes.

Pôde-se observar que os bijupirás em água com temperatura mais baixa (24°C) se mostraram menos ativos, mais lentos e demoravam mais tempo para chegar até a ração. Possivelmente, com o metabolismo mais lento, devido a menor temperatura, o tempo para os peixes realizarem a digestão foi maior. Isso fez com que se sentissem saciados por mais tempo e, conseqüentemente, procurassem com menor frequência o alimento. Nesta situação, provavelmente, os peixes deixaram de consumir parte da ração ofertada em 24 refeições/dia o que resultou numa pior CAA em relação àqueles alimentados quatro vezes/dia.

Além disso, vale ressaltar que a quantidade de ração ofertada para os peixes de todos os tratamentos foi baseada na taxa alimentar de 4% do peso vivo, de maneira que fosse adequada para os peixes mantidos na água a 27°C. Tal taxa pode ter sido excessiva para os peixes criados na água com temperatura de 24°C, pois de acordo com os resultados encontrados por Sun e Chen (2014), o consumo de alimento pelo bijupirá diminui aproximadamente 50% quando a temperatura da água muda de 27 para 23°C. Dessa maneira, a quantidade de ração ofertada em cada refeição no tratamento de maior frequência alimentar foi alta e, provavelmente, os juvenis mantidos na temperatura de 24°C, ficaram saciados logo nas primeiras refeições resultando em pior CAA se comprada com a conversão alimentar dos peixes alimentados quatro vezes/dia.

Em estudo com ciprinídeo (*Gobiocypris rarus*) Wu et al. (2015) verificaram que os peixes mantidos em temperaturas elevadas apresentaram pior desempenho quando alimentados poucas vezes ao dia e, da mesma maneira, em baixas temperaturas, com o maior número de refeições o desempenho dos peixes também piorava. Segundo estes autores, quando a temperatura da água era elevada os peixes estavam mais ativos então eram capazes de se alimentar com mais frequência e quando a temperatura da água era mais baixa os peixes por estarem mais lentos se alimentavam menos vezes ao dia.

Os resultados encontrados corroboram com as suposições feitas por Wu et al. (2015) de que em baixa temperatura da água a menor frequência alimentar melhora o crescimento dos peixes, pois o crescimento dos juvenis de bijupirá mantidos em 24 e 27°C foi melhor quando foram alimentados quatro vezes ao dia do que quando alimentados com maior frequência. No entanto, a suposição de Wu et al. (2015) de que em temperatura elevada o crescimento dos peixes é maior quando alimentados com maior frequência não ficou evidente para o bijupirá, pois na temperatura de 30°C o crescimento dos peixes alimentados quatro vezes ao dia foi semelhante ao daqueles alimentados 24 vezes/dia. Contudo, na água com temperatura de 30 °C, quando os juvenis foram alimentados menos vezes ao dia (F4) apresentaram pior CAA em comparação com aqueles criados nas temperaturas de 24 e 27°C, mas o mesmo comportamento não foi observado para os juvenis alimentados 24 vezes ao dia, que apresentaram a mesma CAA nas três temperaturas avaliadas (24 27 e 30 °C).

Provavelmente, a pior CAA apresentada pelos peixes alimentados menos vezes ao dia quando mantidos na temperatura de 30°C, pode estar relacionada com a taxa de

alimentação adotada (4% do peso vivo). De acordo com Sun et al. (2006) a exigência energética e o consumo de alimento do bijupirá são maiores quando a temperatura da água aumenta de 27 para 31°C. Então, com a maior temperatura da água (30°C) maior será a atividade metabólica dos peixes o que possivelmente levou ao aumento da exigência de energia para manutenção do metabolismo. Nesta situação, se não for fornecida maior quantidade de alimento (maior taxa alimentar) o crescimento será comprometido, bem como, a CAA. Portanto, é provável que a taxa alimentar adotada tenha sido baixa para os peixes submetidos à temperatura de 30°C.

As concentrações de O₂D variaram significativamente em função da temperatura da água, independentemente do período em que foi aferido. Diversos fatores podem alterar a concentração de oxigênio presente na água, mas a temperatura é o fator mais importante. Com a elevação da temperatura ocorre diminuição da solubilidade da água aumentando a perda de O₂ para a atmosfera e isso pode causar a redução da concentração de O₂D na água, além disso, os peixes ficam mais ativos quando se encontram dentro de sua faixa de conforto térmico elevando o consumo de oxigênio, o que também contribui para a diminuição dos níveis de O₂D na água (Howell e Baynes, 2004).

O bijupirá é um peixe de água quente e em temperaturas entre 27 e 33°C apresenta maior consumo de alimento, melhor eficiência alimentar e elevada taxa de crescimento (Sun et al., 2006, Sun e Chen, 2014), portanto, é provável que a maior atividade alimentar e metabólica dos juvenis de bijupirá mantidos nas temperaturas de 27 e 30°C e a menor solubilidade da água em temperatura mais elevada, tenham contribuído para redução nos níveis de O₂D durante o período experimental.

Os resultados encontrados no presente estudo evidenciam interação da frequência alimentar e temperatura da água sobre o crescimento do bijupirá e mostram que a frequência alimentar adequada para uma determinada temperatura da água pode não ser a mais indicada para outra faixa de temperatura. Portanto, os estudos que envolvem a definição e adequação do manejo alimentar devem ser realizados e avaliados em diferentes cenários e em diversas situações, pois desta forma, mesmo em condições não ideais, o aquicultor poderá adotar a estratégia alimentar mais adequada para cada situação.

Conclusão

Nas condições de laboratório em que o estudo foi realizado é possível concluir que existe interação da temperatura da água e frequência alimentar sobre o crescimento do bijupirá e quando os peixes são criados em água com temperaturas de 24 e 27°C apresentam melhor desempenho quando são alimentados quatro vezes/dia, porém quando criados em água a 30°C a tanto a baixa (4 vezes/dia) como a alta frequência alimentar (24 vezes/dia) parecem não influenciar no crescimento do bijupirá.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP e a Maricultura Itapema - Produção e Comercialização de Espécimes Marinha Ltda.

Referências Bibliográficas

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.

Ayroza, L.M.S., Furlaneto, F.P.B., Ayroza, D.M.M.R., Sussel, F.R. (2005) Piscicultura do Médio Paranapanema: Situação e Perspectiva. **Revista Aquicultura e Pesca**, v. 2, p. 27-32.

Benetti, D.D., O'hanlon, B., Rivera J.A., Welch, A. W., Maxey, C., Orhun, M.R. (2010) Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. **Aquaculture**, v. 302, p. 195-201.

Benetti D.D., Orhun, M. R., Sardenberg, B., O'Hanlon, B., Welch, A., Hoenig, R., Zink, I., Rivera, J. A., Denlinger, B., Bacoat, D., Palmer, K. and Cavalin, F. (2008). Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v.39, p.701-711.

Berges, J. A., Franklin, D. J., Harrison, P. J. (2001) Evolution of an artificial seawater medium: improvements in enriched seawater, artificial water over the last two decades. **Journal of Phycology**, v. 37, p. 1138-1145.

Canton, R., Weingartner, M., Fracalossi, D. M., Zaniboni Filho, E. (2007) Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.749-753.

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

Castro, C.S., Argentim, D., Novelli, P.K., Costa, J.M., Menezes, C.S.M., Neto, A.C., Vieira, J.C.S., Padilha, P.M., Agostinho, C.A. (2014). Feed digestibility and productive performance of bullfrogs raised in cages and fed in different periods and high frequency. **Aquaculture**, v 433, p. 1-5.

- 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.
- Chou, R.L., Su, M.S., Chen, H.Y. (2001) Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 193, p. 1-89.
- Costa-Bomfim, C. N., Pessoa, W. V. N., Oliveira, R. L. M., Farias, J. L., Domingues, E. C., Hamilton, S., Cavalli, R. O. (2014) The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). **Journal of Applied Ichthyology**, v.30, p. 135-139.
- Craig, S.R., Schwarz, M.H., Mclean, E. (2006) Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics. **Aquaculture**, v. 261, p. 384-391.
- Cunha, V.L., Rodrigues, R.V., Okamoto, M.H., Sampaio, L.A. (2009) Consumo de oxigênio pós-prandial de juvenis do pampo *Trachinotus marginatus*. **Ciência Rural**, v..39, p. 1245-1247.
- Fraser, T.W.K., Davies, S .J. (2009) Nutritional requirements of cobia. **Aquaculture Research**, v.40, p.1219-1234.
- Howell, B.R., Baynes, S.M. (2004) Abiotic Factors. In: Moksness, E., Kjorsvik, E., Olsen, Y. **Culture of cold-water marine fish**. Oxford: Ed. Blackwell Publishing, cap. 2, p. 7-26.
- Liao, I.C., Huang, T.S., Tsai, W.S., Hsueh, C.M., Chang, S.L., Leño, E.M. (2004) Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v.237, p.155-165.
- Mallasen, M., Valenti, W.C. (1998) Comparison of Artificial and Natural, New and Reused, Brackish Water for the Larviculture of the Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* in a Recirculating System. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 29, p. 345-350.
- NRC-National Research Council. (2011) **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy of Sciences Press.

- Schnaittacher, G., King, W., Berlinsky, D.L. (2005) The effects of feeding frequency on growth of juvenile Atlantic halibut, *Hippoglossus hippoglossus* L. **Aquaculture International**, v.36, p.370-377.
- Secor S.M. (2009) Specific dynamic action: a review of the postprandial metabolic response. **Journal of Comparative Physiology B**, v.179, pp 1-56.
- Shaffer, R.V., Nakamura, E.L. (1989) Synopsis of biological data on Cobia, *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae).In: **NOAA Technical Report NMFS**, n. 82.
- Sousa, R.M.R., Agostinho, C., Oliveira, F.A., Argentim, D., Oliveira, L.C., Wechsler, F.S., Agostinho, S.M.M. (2010) Recria de rã-touro (*Rana catesbeiana*) em tanques rede alojados em viveiros de tilápia. **Archivos de Zootecnia** v.59, p.225.
- 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.
- Sun, L., Chen, H., Huang, L. (2006) Effect of temperature on growth and energy budget of juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 261, p. 872-878.
- Sun, L., Chen, H. (2014) Effects of water temperature and fish size on growth and bioenergetics of cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 426-427, p. 172-180.
- Webb, K.A., Hitzfelder, G.M., Faulk, C.K., Holt, G.J. (2007) Growth of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at three different densities in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, v.264, p.223-227.
- Wu, B., Luo, S., Wang, J. (2015) Effects of temperature and feeding frequency on ingestion and growth for rare minnow. **Physiology & Behavior**, v. 140, p. 197-202.
- Yager, T.K., Summerfel, R.C. (1994) Effects of feeding frequency on metabolism of walleye. **Aquacultural Engineering**, v.13, p. 257-282.

CAPÍTULO III

Controle automatizado da oferta da ração de acordo com a temperatura da água e avaliação de diferentes manejos de alimentação no cultivo de bijupirá

Resumo

O objetivo do estudo foi avaliar a oferta de ração para bijupirá no período diurno e noturno e testar o sistema de alimentação automático (SAA) o qual corrige a oferta de ração de acordo com a temperatura da água (Experimento I), bem como, avaliar a influência da alta frequência alimentar sobre o desempenho produtivo de bijupirá (Experimento II). O delineamento do Experimento I foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2, com dois períodos de alimentação (diurno e noturno) e duas formas de oferta de alimento (com correção e sem correção da oferta de ração em função da temperatura). O Experimento II foi inteiramente casualizado, sendo três tratamentos que consistiram em ofertar a ração diária em 4, 12 ou 24 refeições ao dia. No experimento I, não existiu interação do período de alimentação e compensação da oferta de ração. O peso final dos peixes alimentados no período diurno foi maior ($p < 0,05$) que o peso daqueles alimentados no período noturno, contudo não houve diferença ($p > 0,05$) entre o ganho de peso (GPM) dos peixes alimentados de dia ou à noite. Quando houve correção da oferta de ração em função da temperatura da água a quantidade de alimento ofertado foi 29% menor. No Experimento II, o GPM dos bijupirás alimentados 24 vezes/dia foi maior ($p < 0,05$) do que dos peixes alimentados 4 e 12 vezes/dia. No Experimento I, foi possível concluir que o bijupirá consumiu alimento a noite, porém cresceu mais quando alimentado durante o dia; e foi constatado que o SAA ajustou a quantidade de ração em função da temperatura da água, reduzindo desperdício de ração em 29%. Concluiu-se no Experimento II que a alta frequência alimentar (24 vezes/dia) melhorou o aproveitamento da ração pelos peixes proporcionando maior crescimento do bijupirá.

Palavras-chave: alimentador automático, crescimento, frequência alimentar, *Rachycentron canadum*, tanque-rede.

Automatic control of feed supply according different water temperature and evaluation of different feeding managements on cobia culture

Abstract

The aim of this study was to evaluate the supply of feed for cobia fish during daytime and nighttime and test the automatic feeding system (AFS) which regulate the supply of feed according to water temperature (Trial I), as well as to assess the effect of high feeding frequency on the performance of cobia (Trial II). The Trial I was completely randomized in a 2x2 factorial design with four treatments, two feeding periods (day and night) and two forms of food offering (with correction and without correction of the feed supply depending on water temperature). The design of Trial II was completely randomized, with three treatments consisting in offering the daily ration 4, 12 or 24 meals a day. In the first Trial, there was no interaction of the feeding period and compensation of feed supply. The weight of the fish fed daytime was higher ($p < 0.05$) than the weight of those fed during the night, however there was no difference ($p > 0.05$) in average weight gain (AWG) of fish fed at day or at night. When there was correction of the feed supply in function of water temperature the amount of food offered was 29% lower. In Trial II, the AWG of cobia fed 24 times/day was higher ($p < 0.08$) than fish fed 4 and 12 times/day. In Trial I, it was concluded that the cobia ate food at night, however grew faster when fed during the day; and it was found that the AFS has set the amount of supplied feed according of the water temperature, reducing food waste by 29%. It was concluded in the Trial II that the high feeding frequency (24 times/day) improved the feed use by fish providing better growth performance of cobia.

Keywords: automatic feeder, cage, feeding frequency, growth, *Rachycentron canadum*.

Introdução

Nas pisciculturas a oferta de ração aos peixes é manual e a quantidade de alimento fornecida é baseada na fase de desenvolvimento e na biomassa dos peixes. A temperatura da água, contudo, pode exercer influência sobre o consumo de alimento e à medida que ocorrem variações na temperatura a quantidade de alimento consumida pode variar (Howell e Baynes, 2004). Portanto, a precisão na oferta de alimento depende da habilidade do tratador, que decide o quanto deve oferecer de acordo com o consumo observado. No entanto, nem sempre se consegue fazer isso de maneira a evitar desperdícios e, portanto, a diminuição da interferência do tratador é premissa básica para o desenvolvimento da aquicultura, sendo a implantação de sistemas de alimentação, com maior controle da ração oferecida aos peixes, muito importante.

Na busca por soluções para os problemas no manejo alimentar de peixes, diversos sistemas de alimentação automática foram desenvolvidos, contudo, nos sistemas mais elaborados o controle da ração ofertada ainda é feito através de câmeras de vídeo sob o controle do tratador (Parsonage e Petrell, 2003).

Recentemente foi desenvolvido por pesquisadores brasileiros um alimentador automático muito versátil que poder ser utilizado no cultivo de diversos organismos aquáticos (Castro et al., 2012; Castro et al., 2014a; Castro et al., 2014b; Oliveira et al., 2009, Sousa et al., 2010; Sousa et al., 2012). Para automatizar este equipamento, bem como, melhorar sua eficiência foi desenvolvido um software que através de controlador lógico programável (CLP) é capaz de controlar a quantidade de ração ofertada em função da temperatura da água. Contudo, a automação do alimentador automático e as funções do software ainda não foram avaliadas para o cultivo de peixe marinho.

O bijupirá (*Rachycentron canadum*) é um peixe marinho que apresenta características favoráveis para criação em cativeiro, sendo cultivado em diversos países do mundo (Benetti et al., 2008; Benetti et al., 2010; Chou et al., 2001; Fraser e Davies, 2009; Liao et al., 2004; Webb et al., 2007). A utilização de tecnologias como a alimentação automática contribuiu para o sucesso do cultivo deste peixe em alguns países (Chang, 2003). Contudo, os efeitos da correção automática da oferta da ração conforme as variações da temperatura da água, bem como, da frequência alimentar e da alimentação noturna no desempenho do bijupirá não foram muito estudados (Cavalli et al., 2011; Holt et al., 2007).

Para algumas espécies, o parcelamento da ração em 24 refeições ao dia pode melhorar o desempenho de peixes e reduzir o desperdício de ração em até 360 kg por tonelada de peixe produzido (Sousa et al., 2012). Em estudo recente, a melhor frequência alimentar para juvenis de bijupirá criados em condição de laboratório foi definida em uma refeição por dia (Costa-Bomfim, 2014), contudo os autores não investigaram frequências de alimentação maiores que seis refeições diárias. Assim os possíveis benefícios da maior frequência alimentar para o desempenho do bijupirá ainda precisam ser estudadas.

Para alguns peixes o período de alimentação que proporciona melhor desempenho é o noturno (Crescêncio et al., 2005), contudo, em pisciculturas comerciais é inviável oferecer alimento a noite devido aos elevados custos com a mão de obra. A utilização de alimentadores automáticos poderia viabilizar a alimentação no período noturno evitando o aumento dos custos com mão de obra (Castro et al., 2014b; Hossain et al., 2001; Sousa et al., 2012). Tanto em cativeiro como na natureza, pouco se conhece sobre o período de atividade alimentar do bijupirá, sendo que nenhuma pesquisa do efeito do período de alimentação sobre o desempenho deste peixe foi desenvolvida até o momento.

Este estudo teve como objetivos avaliar a capacidade do bijupirá em se alimentar no período noturno bem como testar o sistema de alimentação automático capaz de corrigir a oferta de ração de acordo com as variações de temperatura da água (Experimento I) e avaliar a influência da alta frequência de alimentar sobre o desempenho de bijupirá na fase de engorda (Experimento II).

Material e Métodos

1.1. Instalações

1.1.1. Experimento I

O ensaio foi conduzido nas instalações do laboratório de produção de juvenis da empresa Maricultura Itapema na cidade de São Sebastião-SP. Para a realização do ensaio foi utilizado o sistema de alimentação automático (SAA), proposto por Agostinho et al. (2010), composto por: controlador lógico programável (CLP); alimentadores automáticos (capacidade de 2 kg) e; sensores de temperatura e oxigênio dissolvido. Os alimentadores automáticos do SAA foram adaptados e instalados em

quatro piscinas circulares feitas em vinil, sendo o volume útil de cada piscina aproximadamente 10 m³ de água.

O CLP foi programado de acordo com os seguintes parâmetros: frequência alimentar (12 vezes/dia), quantidade de peixes das piscinas, média de peso dos peixes de cada piscina, taxa alimentar, conversão alimentar prevista para o período e fase de cultivo (2 kg de ração/kg de ganho de peso), período de alimentação, e quantidade de ração dispensada pelo alimentador em um segundo. Além disso, a programação do CLP foi realizada conforme os tratamentos de maneira que, quando a temperatura da água diminuísse para 20, 19, 18, e abaixo de 17 °C a quantidade de ração diária, calculada com base na taxa alimentar, era reduzida em 30, 50, 70 e 100%, respectivamente. Os sensores de temperatura e oxigênio dissolvido foram instalados nos tanques para monitorar e enviar as informações destes parâmetros para que o CLP corrigisse ou não a oferta de ração.

O fotoperíodo, temperatura da água e oxigênio dissolvido não foram controlados e ficaram sujeitos as variações naturais, a temperatura e o oxigênio dissolvido na água de cada piscina foram medidos e registrados duas vezes ao dia e duas vezes a noite. A média da temperatura da água no período experimental foi de 20°C sendo que a concentração do oxigênio dissolvido permaneceu acima de 6,0 mg/l.

1.1.2. Experimento II

O experimento foi conduzido na fazenda marinha da empresa Maricultura Itapema na cidade de Ilhabela-SP. No experimento, foram utilizados três tanques rede circulares de 5,5 m de diâmetro feitos com tubo de polietileno de alta densidade (PEAD), com rede de panagem de malha de 10 mm e 6 m profundidade aproximadamente. A ração era ofertada aos peixes por um sistema de alimentação automático (SAA), proposto por Agostinho et al. (2010), composto de controlador lógico programável (CLP), dispensador de ração com capacidade de armazenar 60 kg de ração, sensor de temperatura, duas placas solares e duas baterias estacionárias. Para evitar excesso de umidade e possível corrosão nos componentes eletrônicos que compõem o CLP, o conjunto foi projetado e montado de forma que ocupasse mínimo espaço possibilitando sua instalação dentro do reservatório de ração do dispensador automático (Figura 1). Para sustentar e posicionar o sistema de alimentação automático

dentro dos tanques rede foram construídos três suportes flutuantes. Estas estruturas foram confeccionadas em alumínio no formato quadrangular com dimensão de 2,5 x 2,5m e com quatro boias de 200 litros. O sistema de alimentação automático foi instalado nos flutuantes que foram colocados dentro de cada tanque rede e amarrados nas bordas do próprio tanque (Figura 2).

O fotoperíodo, temperatura da água e oxigênio dissolvido ficaram sujeitos às variações naturais; a temperatura e o oxigênio dissolvido na água do mar foram medidos e registrados duas vezes na semana pela manhã. O oxigênio dissolvido da água permaneceu acima de 6,0 mg/L. A temperatura média da água do período foi aproximadamente de 29 °C, com mínima e máxima registradas de 27,7 e 31,6 °C, respectivamente.



Figura 1. Componentes eletrônicos do sistema de alimentação automático, instalados dentro do reservatório de ração.



Figura 2. Posicionamento do suporte de flutuação dentro do tanque rede.

1.2. Delineamento experimental

1.2.1. Experimento I

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2 (dois períodos de alimentação: diurno (PD) e noturno (PN), e duas formas de ofertar o alimento: com correção (CC) e sem correção (SC) da oferta da ração em função da temperatura da água), sendo 40 repetições por tratamento onde cada peixe marcado com microchip representava uma unidade experimental e o período experimental foi de 23 dias. Os tratamentos foram: tratamento 1, consistiu em ofertar o alimento no período diurno com correção da oferta de ração de acordo com a variação de temperatura da água; tratamento 2, oferta do o alimento no período diurno sem correção da oferta de ração de acordo com a variação de temperatura da água; tratamento 3, a oferta de alimento no período noturno com correção da oferta de ração de acordo com a variação de temperatura e; tratamento 4, a oferta de alimento no período noturno sem correção da oferta de ração de acordo com a variação de temperatura.

1.2.2. Experimento II

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com três tratamentos e 160 repetições, onde cada peixe marcado com microchip representava uma unidade experimental. Os tratamentos consistiram em distribuir a quantidade de ração diária ofertada aos peixes em 4, 12 ou 24 refeições por dia, sendo o período experimental de 49 dias.

1.3. Peixes e dieta experimental

1.3.1. Experimento I

Para realização do ensaio, 160 juvenis de bijupirá foram insensibilizados através de banho de 10 minutos em solução de água com 20 mg/L de óleo de cravo de acordo com as recomendações de Gullian e Villanueva (2009) e em seguida foram pesados, marcados com microchips e distribuídos nos quatro tanques. Após uma semana de recuperação, os juvenis foram novamente, pesados ($228,11 \pm 16,64$ g) em seguida submetidos aos tratamentos. Ao final de 23 dias de experimento outra biometria foi realizada e o peso de cada peixe foi registrado.

Durante o ensaio os peixes foram alimentados com ração comercial para peixes carnívoros (45% de proteína bruta e 15% de lipídeo). A quantidade fornecida foi baseada no peso vivo e a taxa alimentar diária foi estabelecida em 2% da biomassa de cada tanque. A quantidade diária de ração foi parcelada em 12 refeições/dia para todos os tratamentos e o horário de oferta da ração foi entre 6 h e 18h para os peixes alimentados no período diurno e das 18 h as 6 h para os peixes alimentados no período da noite. O reservatório de ração do alimentador automático era abastecido diariamente e a quantidade de ração colocada dentro do reservatório era anotada e ao final do experimento a sobra de ração dentro de cada alimentador foi medida e registrada.

1.3.2. Experimento II

Seiscentos bijupirás com peso médio de 1000g foram selecionados e insensibilizado através de imersão em água contendo 20 mg/L de óleo de cravo por 10 minutos, conforme as recomendações sugeridas por Gullian e Villanueva (2009). Em seguida, cada indivíduo foi marcado com microchip, o número do microchip e o peso de

cada peixe foram anotados. Após esse procedimento, os peixes foram colocados dentro de um tanque rede e lá mantidos até sua completa recuperação.

Tabela 1. Formulação e composição nutricional calculada da dieta utilizada no experimento II.

<i>INGREDIENTE</i>	<i>% na dieta</i>	
*Farinha de salmão-65%	59,53	
Grits de milho	19,94	
*Óleo de Salmão	5,95	
Quirera de arroz	3,00	
Soja Farelo-45%	2,22	
*Farinha de Lula-80%	2,00	
Glúten de trigo	2,00	
Óleo de soja	2,00	
Farelo de trigo	1,10	
¹ Premix Vitamínico Mineral	1,00	
Fosfato Bicálcico	0,50	
DL-metionina-99%	0,40	
Taurina-99%	0,20	
² Anti-Fun Dry®	0,10	
³ Banox®	0,05	
Alicina-25%	0,01	
<i>Composição nutricional calculada</i>		
Energia bruta	kcal/kg	4500
Umidade	%	9,0
Proteína Bruta	%	45,0
Extrato Etéreo	%	13,3
Matéria Mineral	%	11,9
Fibra Bruta	%	0,66
Cálcio Total	%	3,14
Fósforo Total	%	1,59
Lisina	%	2,81
Metionina	%	1,43
ENN	%	20,1

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 Anti-Fun Dry®: Ácido Propiônico, Propionato de Amônio, Ácido Fórmico- Metachem Nutrientes Ind., Imp., Exp. Rep.Com.Ltda

³ Banox®: BHA, BHT, Propilo galato, Calcário, Ácido citrítrico- Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda.

*Produto importado e distribuído por TECTRON - Nutrição e Saúde Animal.

O período de recuperação foi de 20 dias durante esse tempo os peixes receberam ração comercial para peixes carnívoros (45% de proteína bruta e 15% de lipídeo). Dos bijupirás marcados, 480 animais foram selecionados e distribuídos igualmente em três tanques rede com volume aproximado de 115 m³, o restante dos peixes, não selecionados para o experimento, foi devolvido ao estoque da Maricultura Itapema.

Durante o experimento os peixes receberam a dieta experimental (Tabela 1) extrusada, com grânulos flutuantes de aproximadamente 12 mm de diâmetro que foi formulada de acordo com as exigências nutricionais do bijupirá disponíveis na literatura (Chou et al., 2001, Craig et al., 2006, NRC, 2011).

A quantidade de ração foi ofertada aos peixes pelos alimentadores automáticos era equivalente a 2% do peso vivo, o número de refeições foi de acordo com cada tratamento e o horário de oferta da ração foi entre 6h e 18h. O reservatório de ração do alimentador automático era abastecido semanalmente e a quantidade de ração colocada dentro do reservatório era anotada e ao final do experimento a sobra de ração dentro de cada alimentador foi medida e registrada.

1.4. Variáveis avaliadas

Tanto no Experimento I como no Experimento II, os peixes em jejum de 12 horas, foram pesados individualmente e o peso inicial (P_i) e peso final (P_f) foram anotados. O ganho de peso médio (GPM), a conversão alimentar aparente (CAA), a sobrevivência (S) e a taxa de crescimento específico (TCE) foram calculados utilizando as seguintes fórmulas:

- a. $GPM = P_f - P_i$
- b. $CAA = \text{ração fornecida} / GPM,$
- c. Sobrevivência: $S = (\text{total de animais final} / \text{total de animais inicial}) \times 100$
- d. $TCE = 100 \times ((\ln P_f - \ln P_i) / t),$ onde: t = tempo do experimento (dias),

Para calcular a conversão alimentar aparente (CAA), consumo aparente de ração (CR) que foi colocada nos alimentadores e suas respectivas sobras foram anotadas.

No dia que antecedeu o final do Experimento II, 10 peixes de cada tratamento foram amostrados, insensibilizados com óleo de cravo na concentração de 40 mg/L (Gullian e Villanueva, 2009) e eutanasiados. Os pesos de cada peixe inteiro (P_i') foram tomados e em seguida as vísceras foram removidas. Depois de removidas, as vísceras de cada peixe foram pesadas. Com o peso do peixe inteiro (P_i') e o peso das vísceras (P_v) o índice viscerossomático (IVS) foi calculado através da equação:

e. Índice viscerossomático: $IVS = (P_v / P_i') \times 100$.

As pesagens, inicial e final dos peixes do Experimento I e as pesagens dos pesos de vísceras dos peixes no Experimento II, foram realizadas em terra e para isso se utilizou uma balança de bancada de 0,1 g de precisão. A pesagem para o cálculo das variáveis de desempenho dos peixes do Experimento II foi realizada no mar sob uma plataforma flutuante e para isso utilizou-se uma balança pendular com precisão de 10 g.

1.5. Análises Estatísticas

Os resultados de P_i , P_f , GPM, TCE do Experimento I e II, bem como, o IVS do Experimento II foram submetidos à análise de variância. Todas as análises estatísticas foram realizadas através do software SAEG, as médias foram comparadas pelo teste de Duncan e o nível de significância adotado foi de 5%.

A conversão alimentar aparente, o CR e a sobrevivência foram avaliados de maneira descritiva para ambos os experimentos.

Resultado

2.1. Experimento I

Os dados de peso final, GPM e TCE dos juvenis de bijupirá de todos os tratamentos são apresentados na Tabela 2. Não houve interação do período de alimentação e a forma de ofertar a ração ($p > 0,05$).

Quando a ração foi ofertada no período do dia o peso final dos peixes foi maior ($p < 0,05$) que daqueles alimentados no período da noite. O GPM e a TCE dos peixes de ambos os períodos de alimentação (PD e PN) não diferiram estatisticamente.

A conversão alimentar média dos peixes alimentados no período noturno (PN) e dos peixes alimentados no período diurno (PD) foi de 2,55 e 2,66, respectivamente. A quantidade da ração ofertada (CR) foi de 2,76 kg para os bijupirá alimentados durante o dia (PD) e de 2,63 kg para aqueles alimentados no período noturno (PN).

Tabela 2. Media de peso final, ganho de peso médio (GPM) e taxa de crescimento específico (TCE) dos juvenis de bijupirá alimentados em dois períodos de alimentação e duas correções da taxa alimentar e função da temperatura da água.

Período e Correção da Taxa Alimentar	Peso inicial (g)	Peso Final (g)	GPM (g)	TCE (%)
Período				
Diurno (PD)	230,59	259,12 ^A	28,52	0,503
Noturno (PN)	225,71	251,75 ^B	26,05	0,471
<i>Valor de p</i>	¹ NS	0,0306	NS	NS
Correção				
Com Correção	230,24	256,02	25,78	0,457
Sem Correção	226,06	254,85	28,79	0,517
<i>Valor de p</i>	NS	NS	NS	NS
Interação (PxC)				
PDCC	231,76	258,70	26,94	0,475
PDSC	229,45	259,55	30,10	0,531
PNCC	228,73	253,35	24,62	0,439
PNSC	222,67	250,15	27,48	0,504
<i>Valor de p</i>	NS	NS	NS	NS
² CV	7,218	8,262	42,829	40,474

^{A,B} Médias seguidas de diferentes letras maiúscula na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ($p < 0,05$).

¹ NS: Não Significativo ($p > 0,05$).

² CV: Coeficiente de variação.

A forma de oferta de ração não influenciaram ($p > 0,05$) o Pf, GPM e a TCE dos juvenis de bijupirá (Tabela 2).

A temperatura da água oscilou entre 17,8 e 22,6 °C (Figura 3) e, como era esperado, a quantidade de ração ofertada foi ajustada em função da temperatura da água pelo controlador lógico programável, pois a quantidade de ração nos tratamentos em que houve correção na oferta de ração (CC) foi de 2,23 kg, sendo 29% menor em relação aos tratamentos em que não houve correção da oferta (SC), onde a quantidade de ração ofertada foi de 3,15 kg.

A conversão alimentar (2,79) nos tratamentos em que não houve redução na oferta de ração foi 14% maior em relação à CAA (2,42) dos tratamentos onde houve correção da oferta de ração. A sobrevivência foi de 100% para todos os tratamentos avaliados.

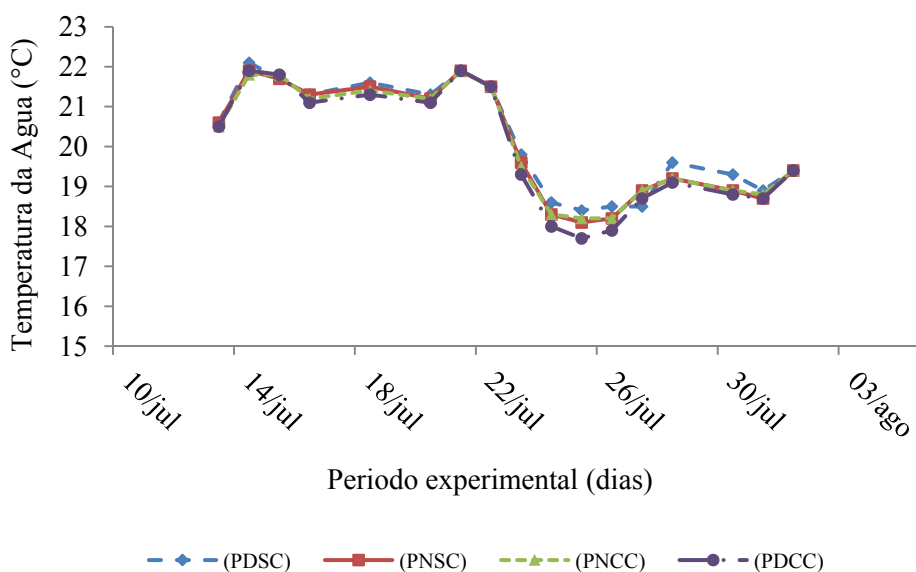


Figura 3. Temperatura da água nos tratamentos: período diurno com correção (PDCC) e sem correção (PDSC) da oferta de ração e do período noturno com correção (PNCC) e sem correção (PNSC) da oferta de ração ao longo do experimento.

2.2. Experimento II

Os resultados apresentados na Tabela 3 mostram que o Pf, GPM e a TCE dos peixes alimentados em 24 refeições foram significativamente maiores do que dos bijupirás alimentados 4 e 12 vezes ao dia. Os IVS dos peixes alimentados 4, 12 e 24 vezes/dia foram semelhantes ($p > 0,05$).

Os peixes que receberam ração parcelada em 24 refeições/dia apresentaram CAA de 2,25 e os peixes em que a dieta foi parcelada em 4 e 12 refeições/dia a CAA foi de 3,21 e 3,29 respectivamente.

O consumo aparente de ração (CR) no tratamento de maior frequência alimentar (24 vezes/dia) foi de 156 kg, no tratamento com frequência alimentar intermediária (12 vezes/dia) o CR foi de 149 kg e de 152 kg no tratamento de menor frequência alimentar

(4 vezes/dia). A Sobrevivência dos peixes alimentados 4, 12 e 24 vezes/dia foi de 86, 84 e 87% respectivamente.

Tabela 3. Pesos médio inicial (Pi) e final (Pf), ganho de peso médio (GPM), taxa de crescimento específico (TCE) e índice viscerossomático (IVS) de bijupirás alimentados com diferentes frequências de alimentação.

Variáveis de Desempenho	Tratamento (refeições/dia)			Valor de p	¹ CV
	4F	12F	24F		
Pi (kg)	1,074	1,097	1,115	0,2432	16,12
Pf (kg)	1,363 ^b	1,392 ^b	1,527 ^a	0,0003	22,22
GPM (kg)	0,289 ^b	0,295 ^b	0,412 ^a	0,0001	64,75
TCE (%.dia ⁻¹)	0,476 ^b	0,460 ^b	0,612 ^a	0,0001	55,50
IVS (%)	14,53	16,04	18,25	0,0602	20,58

^{a,b} Medias seguida de diferentes letras minúscula na mesma linha diferem entre si pelo teste de Duncan (p<0,05).

¹CV: Coeficiente de variação.

Discussão

3.1. Experimento I

A interação do período de alimentação e compensação da oferta de ração não existiu. Entretanto, no período de alimentação diurno os peixes apresentaram maior peso final (p<0,05), indicando ser este o melhor período para alimentar o bijupirá. Para algumas espécies de peixes o período de alimentação que proporciona melhor desempenho é o noturno. Crescêncio et al. (2005) testaram diferentes períodos de alimentação (diurno, noturno e diurnoxnoturno) no desempenho zootécnico de pirarucu e encontraram pior ganho de peso, pior taxa de crescimento específico e menor consumo de ração quando os peixes foram alimentados no período diurno, concluindo que este período seria o menos adequado para alimentar o pirarucu. Por outro lado, Sousa et al. (2012), com o uso de alimentadores automáticos, ofereçam ração para juvenis de *Oreochromis niloticus* mantidas em tanques-rede em diferentes períodos (dia, noite e dia/noite) e em diferentes intervalos de alimentação e maior ganho de peso dos animais alimentados durante o dia e continuamente (diaxnoite) com menor intervalo entre as refeições.

Até o final da década de oitenta nenhuma pesquisa que evidenciasse o hábito de alimentação diurna do bijupirá havia sido realizada (Shaffer e Nakamura, 1989). Alguns anos depois em estudo sobre o conteúdo estomacal de juvenis de bijupirá no Golfo do

México, Franks et al. (1996) verificaram que os juvenis capturados a noite apresentavam menor quantidade de alimento no estômago do que aqueles capturados durante o dia. Isto pode servir como evidencia de que, provavelmente, o bijupirá precise visualizar a presa para se alimentar e que possivelmente tem dificuldade de enxergar a presa em ambientes pouco iluminados, como ocorre com o salmão do atlântico. Segundo Fraser e Metcalfe (1997) juvenis de salmão do atlântico (*Salmo salar*) mesmo em condições noturnas de boa iluminação (lua cheia e céu sem nuvens), apresentam apenas 35% da sua eficiência alimentar comparado com o período diurno, sendo incapazes de se alimentar de presas em condição de completa escuridão.

No presente estudo, apesar dos juvenis de bijupirá alimentados durante o dia terem apresentado maior peso, ficou evidente que, em cativeiro, foram capazes de se alimentar no período noturno, pois os GPM e as TCE dos peixes alimentados à noite foram semelhantes ($p > 0,05$) aos GPM e as TCE dos peixes alimentados durante o dia. Nesta situação, é possível que o bijupirá, por estar em ambiente confinado, conseguiu consumir a ração à noite mesmo com a limitação visual. Além disso, durante o experimento foi possível observar que em nenhum momento houve completa escuridão, pois o local recebia alguma intensidade de luz proveniente da iluminação da cidade, o que pode ter favorecido a visualização do alimento pelo peixe.

O sistema de alimentação automático ajustou a quantidade de ração ofertada aos peixes em função da temperatura da água. A quantidade de ração ofertada quando houve a correção da oferta (CC) foi 29% menor em relação a quando não houve a correção da oferta (SC), o que refletiu em conversão alimentar 14% maior quando a quantidade de ração ofertada não foi corrigida. Além disso, vale ressaltar que a temperatura média da água no período experimental foi de 20°C e a diferença de 29% entre a quantidade de ração ofertada quando houve correção da oferta e a quantidade de ração fornecida quando não houve correção está de acordo com a programação inserida no controlador lógico programável (redução da taxa alimentar em 30% quando a temperatura diminuísse para 20°C). Esse resultado confirma a eficiência do sistema de alimentação automático em controlar a ração ofertada aos peixes em função da temperatura da água.

3.2. Experimento II

Para algumas espécies de peixes o aumento no número de refeições pode proporcionar melhor desempenho (Yager e Summerfel, 1994; Canton et al., 2007, Sousa et al., 2012). Os resultados apresentados mostram que os peixes alimentados 24 vezes/dia apresentaram maior ($p < 0,05$) Pf, GPM e TCE em relação aos alimentados com frequência alimentar de 4 e 12 vezes/dia. Costa-Bomfim et. al. (2014) não encontraram diferença significativa no desempenho de juvenis de bijupirá quando estes foram alimentados 1, 2, 3, 4 ou 6 vezes ao dia. Os resultados encontrados por estes autores e os encontrados no presente estudo sugerem que o desempenho do bijupirá só é influenciado quando o número de refeições é maior que 12 vezes ao dia.

Normalmente os peixes carnívoros, em seu ambiente natural, apresentam estômago com grande capacidade de armazenar alimento o que normalmente faz com que estes animais se alimentem menos vezes ao dia quando comparados aos peixes onívoros que costumam se alimentar com maior frequência (NRC, 2011; Rota, 2003). O bijupirá é um peixe carnívoro que apresenta estômago em formato de Y com grande capacidade de distensão (Su et al., 2008), deste modo, provavelmente, na vida selvagem se alimenta poucas vezes ao dia, o que sugere que nas condições de cativeiro, a frequência alimentar mais adequada para a criação de bijupirá seria fornecer o alimento em poucas refeições diárias. Porém, os resultados do presente estudo mostram que a oferta de ração em alta frequência alimentar (24 refeições/dia) foi mais favorável ao seu crescimento em relação à baixa frequência de alimentação (4 e 12 refeições/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 dos bijupirá alimentados mais vezes ao dia.

A maior frequência de alimentação é uma estratégia alimentar que está relacionada com o aproveitamento dos nutrientes da dieta melhorando em 20% a eficiência dos peixes no aproveitamento da ração (Chiu et al., 1987; Lee et al., 2000). De acordo com Secor (2009) quanto maior é a quantidade de alimento ingerida por refeição, maiores quantidades de pepsinogênio e HCl tem que ser produzidos, o que representa um elevado custo energético na digestão gástrica. Então, possivelmente, com a frequência alimentar de 24 refeições/dia, a quantidade de ração diária foi fracionada em pequenas porções e o gasto energético para digerir o alimento pode ter sido menor,

resultando em melhor aproveitamento da dieta pelos peixes, o que explicaria o maior crescimento dos peixes desse tratamento.

O uso de sistemas de alimentação automática permite que a ração seja oferecida em alta frequência alimentar o que pode reduzir o desperdício de ração. Castro et al. (2012) em experimento realizado em ranário comercial com o uso de alimentadores automáticos obtiveram melhor desempenho das rãs-touro alimentadas 46 vezes ao dia. Segundo os autores, como a quantidade de alimento por refeição era maior no tratamento em que a ração era distribuída em seis refeições diárias, as rãs não conseguiam consumir toda ração antes que afundasse ou perdesse sua palatabilidade, resultando em pior desempenho dos animais deste tratamento.

No presente experimento, a mesma situação pode ter ocorrido, pois a maior quantidade de ração por refeição, dispensada pelo SAA no tratamento em que os peixes eram alimentados quatro vezes ao dia (4F), pode não ter sido completamente consumida naquele momento, pois durante todo o período experimental, foi possível observar uma pequena sobra de ração, indicando que parte da ração ficou na água, disponível aos peixes, mas não era mais consumida.

A dieta que foi oferecida aos peixes apresentava boa flutuabilidade e praticamente não afundava, além disso, os grânulos da ração, por apresentar tamanho (12 mm de diâmetro) maior que a malha da panagem (10 mm de diâmetro) do tanque rede, não podiam ser levados para fora dos tanques pelo movimento da maré. Portanto, a ração não consumida pelos peixes permaneceu disponível dentro dos tanques rede. O que provavelmente ocorreu, foi que os peixes dos tratamentos de menor frequência alimentar não conseguiram consumir a maior quantidade de ração oferecida por refeição e a porção da dieta que não foi prontamente consumida acabou sofrendo processo de lixiviação perdendo nutrientes e a atratividade, o que levou ao desinteresse dos peixes por essa ração, resultando em sobra.

Mesmo que as quantidades de ração diárias ofertadas tenham sido semelhantes entre os tratamentos, o consumo efetivo da dieta pelos peixes alimentados 4 e 12 vezes/dia foi menor, o que possivelmente refletiu na maior CAA dos peixes destes tratamentos. A CAA dos peixes alimentados 24 vezes ao dia foi 30% melhor em comparação com a CAA dos peixes alimentados 4 ou 12 vezes. Isso representa uma economia de aproximadamente 1.000 kg de ração por tonelada de peixe produzido. Esta

economia de ração é superior a encontrada por Sousa et al (2012) que verificaram economia de 360 kg por tonelada de peixe produzido quando os bijupirás receberam ração 24 vezes/dia.

Conclusão

No Experimento I, os peixes apresentaram maior peso quando alimentados no período diurno e, para as condições do presente estudo, é possível concluir que o bijupirá foi capaz de se alimentar no período noturno. Além disso, foi possível concluir que o sistema de alimentação automático avaliado, é adequado para corrigir a quantidade de ração ofertada aos peixes em função da temperatura da água, reduzindo desperdício de ração em 29%.

No Experimento II, conclui-se que para o cultivo de bijupirás em tanques rede no sistema “*nearshore*” é altamente recomendado distribuir a quantidade diária de ração em 24 refeições/dia.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP e a Maricultura Itapema - Produção e Comercialização de Espécimes Marinha Ltda.

Referências Bibliográficas

- 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.
- Benetti, D.D., O'hanlon, B., Rivera J.A., Welch, A. W., Maxey, C., Orhun, M.R. (2010) Growth rates of cobia (*Rachycentron canadum*) cultured in open ocean submerged cages in the Caribbean. **Aquaculture**, v. 302, p. 195-201.
- Benetti D.D., Orhun, M. R., Sardenberg, B., O'Hanlon, B., Welch, A., Hoenig, R., Zink, I., Rivera, J. A., Denlinger, B., Bacoat, D., Palmer, K. and Cavalin, F. (2008). Advances in hatchery and grow-out technology of cobia *Rachycentron canadum* (Linnaeus). **Aquaculture Research**, v.39, p.701-711.
- Canton, R., Weingartner, M., Fracalossi, D. M., Zaniboni Filho, E. (2007) Influência da frequência alimentar no desempenho de juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.749-753.
- Castro, C.S., Agostinho, C.A., Argentim, D., Alexandre, J.S. Oliveira, L.C., Sousa, R.M.R., Padilha, P.M. (2012) Feed digestibility and productive performance of bullfrogs feeding high and low frequency. **Aquaculture**, v. 326-329, p. 123-128.
- Castro, C.S., Argentim, D., Novelli, P.K., Costa, J.M., Menezes, C.S.M., Neto, A.C., Vieira, J.C.S., Padilha, P.M., Agostinho, C.A. (2014). Feed digestibility and productive performance of bullfrogs raised in cages and fed in different periods and high frequency. **Aquaculture**, v 433, p. 1-5.
- 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.
- Cavalli, R.O., Domingues, E.C., Hamilton, S. (2011) Desenvolvimento da produção de peixes em mar aberto no Brasil: possibilidades e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p.155-164.

Chang, D. (2003) O cultivo do bijupirá em Taiwan: Escolha de um peixe de carne branca para consumidores exigentes. **Panorama da Aquicultura**, v. 13, p. 43-49.

Chiu, Y. N., Sumagaysay, N. S., Sastrillo, M. A. S. (1987) Effect of feeding frequency and feeding rate on the growth and feed efficiency of Milkfish, *Chanos chanos* Forsskal, juvenile. **Asian Fisheries Science**, v. 1, p. 27-31.

Chou, R.L., Su, M.S., Chen, H.Y. (2001) Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, v. 193, p. 1-89.

Costa-Bomfim, C. N., Pessoa, W. V. N., Oliveira, R. L. M., Farias, J. L., Domingues, E. C., Hamilton, S., Cavalli, R. O. (2014) The effect of feeding frequency on growth performance of juvenile cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus, 1766). **Journal of Applied Ichthyology**, v.30, p. 135-139.

Craig, S, R., Schwarz, M. H., Mclean, E. (2006) Juvenile cobia (*Rachycentron canadum*) can utilize a wide range of protein and lipid levels without impacts on production characteristics, **Aquaculture**, v. 261, p. 384-391.

Crescêncio, R., Ituassú, D.R., Roubach, R., Pereira Filho, M., Cavero, B.A.S., Gandra, A.L. (2005). Influência do período de alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 1217-1222.

Franks, J.S., Garber, N.M., Warren, J.R. (1996) Stomach contents of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, from the Northern Gulf of Mexico. **Fishery Bulletin**, v. 94, p374–380.

Fraser, T.W.K., Davies, S .J. (2009) Nutritional requirements of cobia. **Aquaculture Research**, v.40, p.1219-1234.

Fraser NHC, Metcalfe NB (1997) The costs of becoming nocturnal: feeding efficiency in relation to light intensity in juvenile Atlantic salmon. **Functional Ecology**, v. 11, p. 385–39.

Gullian, M., Villanueva, J. (, 2009) Efficacy of tricaine methanesulphonate and clove oil as anaesthetics for juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture Research**, v. 40, p. 852–860.

- Holt, G.J., Faulk, C., Schwarz, M. (2007) A review of the larviculture of cobia *Rachycentrom canadum*, a warm water marine fish. **Aquaculture**, v.268, p.181-187.
- 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, p.999-1004.
- 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* (Temminck & Schlegel). **Aquaculture Research**, v. 31, p.917-921.
- Liao, I.C., Huang, T.S., Tsai, W.S., Hsueh, C.M., Chang, S.L., Leño, E.M. (2004) Cobia culture in Taiwan: current status and problems. **Aquaculture**, v.237, p.155-165.
- NRC-National Research Council. (2011) **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, DC: National Academy of Sciences Press..
- Oliveira, F.A., Agostinho, C.A., Sousa, R.M.R., Gonsalves, H.C., Argentim, D., Castro, C.S.,2009. Manejo alimentar com dispensador automático na recria de rã-touro. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p. 589-592.
- Parsonage, K.D., Petrell, R.J. (2003) Accuracy of a machine-vision pellet detection system. **Aquacultural Engineering**, v.29, p.109–123.
- Rotta, M.A. (2003) Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. p. 48, Embrapa Pantanal, Corumbá.
- Secor S.M. Specific dynamic action: a review of the postprandial metabolic response. **Journal of Comparative Physiology B.**, Jan,179(1):1-56., 2009.
- Shaffer, R.V., Nakamura, E.L. (1989) Synopsis of biological data on Cobia, *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae).In: **NOAA Technical Report NMFS**, n. 82.
- Sousa, R.M.R., Agostinho, C., Oliveira, F.A., Argentim, D., Oliveira, L.C., Wechsler, F.S., Agostinho, S.M.M. (2010) Recria de rã-touro (*Rana catesbeiana*) em tanques rede alojados em viveiros de tilápia. **Archivos de Zootecnia** v.59, p.225.
- 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.

Su, Y., Sun, X., Feng, J., Guo, Z., Xu, L., Wang, J. (2008) Morphological and histological observations of digestive system of cobia *Rachycentron canadum*. **South China Fisheries Science** v. 4, p. 86-94.

Webb, K.A., Hitzfelder, G.M., Faulk, C.K., Holt, G.J. (2007) Growth of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at three different densities in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture**, v.264, p.223-227.

Yager, T.K., Summerfel, R.C. (1994) Effects of feeding frequency on metabolism of walleye. **Aquacultural Engineering**, v.13, p. 257-282.

CAPÍTULO IV

Considerações Finais

O sistema de alimentação automático avaliado foi eficaz no que se refere ao controle da oferta de ração bem como na redução de desperdício. O recurso inovador do SAA que controla a oferta de ração de acordo com a variação de temperatura foi eficiente, pois regulou a oferta de ração diminuindo o desperdício de alimento em 30%, melhorando a conversão alimentar dos peixes em 14% e fez isso sem a necessidade de observação e interferência, direta ou indireta, do tratador. Contudo, a eficiência desse recurso depende de informações corretas sobre a taxa alimentar mais adequada para cada faixa de temperatura, portanto futuros estudos para definição desses parâmetros precisam ser realizados.

O período de atividade alimentar do bijupirá tem sido pouco estudado e o conceito de que este peixe só se alimentava durante o dia era meramente especulativo. Com o SAA foi possível constatar que o bijupirá pode receber alimento no período da noite sem prejuízo no seu desempenho. Para o cultivo em cativeiro, a alimentação noturna poderia ser aplicada no sentido de estender o horário de alimentação dos animais fazendo com que o peixe consuma mais ração por dia e com isso aumente seu ganho de peso.

No presente estudo foi constatado que a escolha de frequência alimentar deve ser baseada na temperatura da água em que o bijupirá está sendo criado, pois existe interação destas duas variáveis. No estudo há evidências de que quando a temperatura da água está próxima de 30°C a alta frequência alimentar pode ser indicada. Quando a alta frequência alimentar é aplicada corretamente, ocorre melhor aproveitamento da dieta, como ficou evidente no experimento de campo. Contudo, não foi bem esclarecido se o melhor aproveitamento da ração foi devido ao menor desperdício ou se a alta frequência alimentar melhorou o aproveitamento dos nutrientes da dieta. Portanto, estudos que avaliem os efeitos da alta frequência alimentar sobre aproveitamento dos nutrientes da dieta para o bijupirá seriam importantes, porque se os nutrientes forem aproveitados com mais eficiência seria possível a formulação de dietas de menor custo sem prejuízo ao crescimento do bijupirá.