

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

ANDRÉ BATISTA DE SOUZA

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE BEIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) SUBMETIDOS A RESTRIÇÕES ALIMENTARES E INCLUSÃO DA FARINHA DE ALGA (*Schizochytrium sp.*)

CAMPOS DOS GOYTACAZES

SETEMBRO 2017

ANDRÉ BATISTA DE SOUZA

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE BEIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) SUBMETIDOS A RESTRIÇÕES ALIMENTARES E INCLUSÃO DA FARINHA DE ALGA (*Schizochytrium sp.*)

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.”

Orientador: Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior

CAMPOS DOS GOYTACAZES

SETEMBRO 2017

ANDRÉ BATISTA DE SOUZA

DESEMPENHO ZOOTÉCNICO DE JUVENIS DE BEIJUPIRÁ (*Rachycentron canadum*) SUBMETIDOS A RESTRIÇÕES ALIMENTARES E INCLUSÃO DA FARINHA DE ALGA (*Schizochytrium sp.*)

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.”

Aprovada em 04 de Setembro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ronaldo Olivera Cavalli (D. Sc. Ciência Biológicas Aplicada) - FURG

Prof. Paulo Henrique Rocha Aride (D. Sc. Biologia de Água Doce e Pesca) - Ifes

Prof. Dalcio Ricardo de Andrade (D. Sc. Ciências Morfológicas) - Uenf

Prof. Leonardo Serafim da Silveira (D. Sc. Produção Animal) - Uenf

Prof. Manuel Vazquez Vidal Júnior (D. Sc. Zootecnia) - Uenf
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado de presente os melhores pais do mundo.

Aos meus pais, Climério e Gildenise, por sempre ter apostado nos estudos dos seus filhos.

À minha esposa Danielle, por todo suporte em minha vida.

À minha irmã Luciana e toda minha família.

Ao meu orientador, o Prof. Manuel Vazquez, que esteve sempre disponível em ajudar, não só nos assuntos relacionados ao doutorado. Agradeço não só pelos ensinamentos técnicos, como também por ensinar a me tornar um melhor professor.

Ao colega de trabalho e amigo Marcelo Polese, por acompanhar de perto todas as etapas dessa jornada, desde a indicação até a defesa desta tese.

Ao amigo Jonas Motta, por todo apoio dado.

Ao Prof. Leonardo Serafim, por estar sempre disponível em me atender.

Ao Prof. Ronaldo Cavalli, por toda ajuda durante essa jornada.

Ao Prof. Dalcio Ricardo, por todo apoio.

Ao Prof. Paulo, pelas recentes contribuições.

A Jeovanna e a Conceição, sempre prontas a ajudar da forma que for possível, e todos os demais funcionários da UENF que de alguma forma participaram desta tese.

Aos Prof. Henrique, Leilane e Douglas, pelas recentes contribuições.

Aos amigos da UENF.

Aos amigos do IFES.

Aos estagiários do LANPOA.

À FAPES, CAPES, CNPq, SAMARCO E NUTRIAVE, pelo financiamento.

RESUMO

SOUZA, André Batista, D.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Setembro, 2017. Desempenho zootécnico de juvenis de beijupirá (*Rachycentron canadum*) submetidos a protocolos alimentares e nutricionais.

Devido ao grande aumento da demanda por alimento de qualidade, a piscicultura marinha vem ganhando espaço. Com a intenção de maximizar a produção, protocolos alimentares e nutricionais devem ser testados. Então, com o objetivo de elucidar algumas questões, dois experimentos foram realizados. No primeiro experimento, foi avaliada a influência da restrição alimentar no desempenho de juvenis de beijupirá. No total foram 18 aquários de vidro (50 x 50 x 50 cm, 125 litros) em um sistema de recirculação. No total foram 6 tratamentos, cada um com 3 aquários e cada aquário com 6 peixes (108 peixes no total). As unidades experimentais foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. Os peixes do controle (C) foram alimentados até a saciedade 2x por dia (09 e 16 h) durante todo experimento (45 dias). Os peixes dos tratamentos submetidos a restrição alimentar foram: 5 dias (U5), 10 dias (U10) e 15 dias sem alimento (U15) e logo após a privação foram alimentados como o controle até o final do experimento. Nos outros dois tratamentos os peixes foram submetidos as seguintes restrições: peixe alimentado em dias alternados (U1) e peixes alimentados por 5 dias e privados de alimentação por 2 dias (U2), durante todo o experimento. Com 15, 30 e 45 dias de experimento todos os peixes foram pesados, medidos e dois animais de cada repetição era sacrificado para retirada do fígado. Durante todo o experimento não foi observado nenhuma mortalidade e em nenhuma fase do experimento foi observado qualquer tipo de ganho compensatório. Na biometria realizada após 15 dias do início do experimento, foi observado que o peso dos peixes dos tratamentos U1, U2 e U5 foram iguais ($P < 0,05$), sendo U15, tratamento submetido a restrição mais severa, o pior tratamento, o que perdurou até o fim do experimento. Na coleta de 30 dias, os tratamentos U1,

U2 e U5 também foram iguais. Outro resultado observado foi que os peixes dos tratamentos U5, U10 e U15, apresentaram uma hiperfagia assim que começou o período de realimentação, nos tratamentos U1 e U5 esse comportamento era rotineiro. O fígado do animais não mostrou nenhuma diferença significativa entre os tratamentos, todos eles apresentaram um alto grau de degeneração. Foi observado, portanto, que juvenis de beijupirá não podem sofrer nenhum tipo de restrição alimentar, caso isso ocorra será observado uma diminuição do seu ganho de peso e crescimento e o animal não será capaz de repor essa perda. No segundo experimento foi analisada a inclusão da farinha da alga *Schizochytrium sp.* (FA) no desempenho zootécnico de juvenis de beijupirá. Foram produzidas 4 rações, sendo a primeira a controle (C) sem adição de FA, seguida da ração dois (R2) enriquecida com 2% de FA, ração três (R4) enriquecida com 4% de FA e quarta ração (R6) enriquecida com 6% de FA. Os experimentos foram conduzidos em 12 caixas circulares de polietileno (1.000 litros) em um sistema de recirculação contínua. Cada tratamento contou com 3 repetições e cada repetição com 19 peixes. As unidades experimentais foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. O peixes foram alimentados até a saciedade duas vezes por dia (09 e 16 h) durante todo experimento e o consumo de ração quantificado. No início do experimento todos peixes foram pesados e medidos e a cada 10 dias de alimentação era realizada uma biometria com todos os peixes. No final do experimento 4 peixes de cada tratamento foram sacrificados para retirada e posterior análise histológica do fígado. Após 20 dias os tratamentos R4 e R6 já apresentavam diferença significativa ambos no ganho de peso e R6 no comprimento. Essa diferença foi se acentuando até que no fim do experimento todos com tratamentos com inclusão eram superiores ao controle, sendo R4 e R6 os animais que apresentaram os melhores resultados, Além do crescimento os dois tratamentos com os maiores níveis de inclusão apresentaram as melhores conversões alimentares, superando muito o controle. Em todos os tratamentos os fígados apresentavam um alto grau de degeneração. A adição de farinha de alga nas rações foi extremamente satisfatória, melhorando significativamente o desempenho zootécnico do animal, apesar de não influenciar os níveis de

gordura do fígado. Levando em consideração os resultados de desempenho recomendanda-se o uso de 4% ou 6% de inclusão de FA.

Palavras chave: estratégia alimentar; suplemento; substituição de ingredientes; produtividade.

ABSTRACT

SOUZA, André Batista, D.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Setembro, 2017. Zootechnical performance of juveniles of cobia (*Rachycentron canadum*) submitted to feed and nutritional protocols.

Due to the great increase in the demand for quality food, marine fish farming has been gaining ground. In order to maximize the production, dietary and nutritional protocols should be tested. So, with the purpose of elucidating some questions, two experiments were carried out. In the first experiment, was evaluated the influence of feed restriction on the performance of cobia juveniles. In total there were 18 glass aquariums (50 x 50 x 50 cm, 125 liters) in a recirculation system. In total there were 6 treatments, each with 3 aquariums and each aquarium with 6 fish (108 fish in total). The experimental units were distributed in a completely randomized design. Control fish (C) were fed to satiety 2x per day (9am and 4pm) throughout the experiment (45 days). The fish of the treatments submitted to food restriction were: 5 days (U5), 10 days (U10) and 15 days without food (U15) and after deprivation they were fed as the control ones until the end of the experiment. In the other two treatments, fish were subjected to the following restrictions: fish fed on alternate days (U1) and fish fed for 5 days and deprived of feed for 2 days (U2), throughout the whole experiment. At 15, 30 and 45 days of experiment all fish were weighed, measured and two animals from each repeated ones were sacrificed for liver removal. During the whole experiment no mortality was observed and at any stage of the experiment no compensatory gain was observed. In the biometry performed after 15 days of the beginning of the experiment, it was observed that the fish weight of the treatments U1, U2 and U5 were equal ($P < 0.05$), with U15 being the treatment with the most severe restriction, the worst treatment, which lasted until the end of the experiment. At the 30th day of collection, treatments U1, U2 and U5 were also the same. Another result observed was that the fish of the treatments U5, U10 and U15 presented a hyperphagia as soon as the feedback period began, in treatments U1 and U5 this behavior was

routine. The liver of the animals showed no significant difference between treatments, all of which presented a high degree of degeneration. It was observed, therefore, that juveniles of cobia cannot suffer any type of food restriction: if that occurs, a decrease of their weight gain and growth will be observed and the animal will not be able to restore that loss. In the second experiment, the inclusion of the flour of the microalgae *Schizochytrium* sp. (MF) in the zootechnical performance of juvenile cobia. Four diets were produced, the first to be controlled (C) without addition of MF, followed by the feed two (R2) enriched with 2% of FA, diet three (R4) enriched with 4% of MF and fourth diet (R6) enriched with 6% of MF. The experiments were conducted in 12 circular polyethylene boxes (1,000 liters) in a continuous recirculation system. Each treatment had 3 replicates and each replicate had 19 fish. The experimental units were distributed in a completely randomized design. The fish were fed to satiety twice a day (9am and 4pm) throughout the experiment and the feed consumption was quantified. At the beginning of the experiment all fish were weighed and measured and every 10 days of feeding a biometry was performed with all the fish. At the end of the experiment 4 fish from each treatment were sacrificed for removal of the liver and its subsequent histological analysis. After 20 days, both treatments R4 and R6 already presented significant difference in weight gain, and R6 presented difference in length. This difference was being accentuated until at the end of the experiment all treatments with inclusion were superior to the control, with R4 and R6 being the animals that presented the best results. In addition to the growth, the two treatments with the highest levels of inclusion presented the best food conversions, surpassing too much the control. In all treatments livers had a high degree of degeneration. The addition of microalgae flour in the rations was extremely satisfactory, significantly improving the zootechnical performance of the animal, although it did not influence the fat levels of the liver. Taking into consideration the performance results it is recommended to use 4% or 6% inclusion of MF.

Keywords: feed strategy; supplement; replacement of ingredients; productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 1 - Influência de restrições alimentares no ganho compensatório de juvenis de cobia (*Rachycentron canadum*).

Figura 1-1: Média do peso de juvenis de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares	36
Figura 1-2: Média do comprimento de juvenis de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares	37
Figura 1-3: Taxa de crescimento específico para peso de juvenis de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares	38
Figura 1-4: Taxa de crescimento específico para comprimento de juvenis de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares	38
Figura 1-5: Índice viscero somático de juvenis de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares	39
Figura 1-6: Índice hepato somático de juvenis de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares	40
Figura 1-7: Conversão alimentar de juvenis de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares	40
Figura 1-8: Alimento ingerido por juvenis de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares	41
Figura 1-9: Lâminas de fígado de beijupirá submetidos a diferentes restrições alimentares.....	42

Capítulo 2 - Efeito da farinha de alga *Schizochytrium sp.* na sanidade e desempenho zootécnico de juvenis de beijupirá (*Rachycentron canadum*).

Figura 2-1: Média do comprimento total de juvenis de beijupirá alimentados com diferentes rações	55
Figura 2-2: Média do peso de juvenis de beijupirá alimentados com diferentes rações.....	56
Figura 2-3: Média do ganho de peso de juvenis de beijupirá alimentados com diferentes rações.....	56
Figura 2-4: Taxa de crescimento específico para peso de juvenis de beijupirá alimentados com diferentes rações.....	57
Figura 2-5: Conversão alimentar de juvenis de beijupirá alimentados com diferentes rações.....	58
Figura 2-6: Alimento ingerido por juvenis de beijupirá alimentados com diferentes rações.....	58

Figura 2-7: Fator de condição de juvenis de beijupirá alimentados com diferentes rações.....	59
--	----

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1 - Influência de restrições alimentares no ganho compensatório de juvenis de cobia (*Rachycentron canadum*).

Tabela 1-1: Composição química da ração comercial utilizada no presente experimento..... 33

Capítulo 2 - Efeito da farinha de alga *Schizochytrium sp.* na sanidade e desempenho zootécnico de juvenis de beijupirá (*Rachycentron canadum*).

Tabela 2-1: N° de náuplios de artêmia ofertados diariamente por larva durante os 13 dias de cultivo..... 51

Sumário

INTRODUÇÃO	13
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
Espécie	16
Ganho compensatório.....	Error! Bookmark not defined.
Fígado	Error! Bookmark not defined.
Substituição de ingredientes	Error! Bookmark not defined.
Ácidos graxos	Error! Bookmark not defined.
<i>Schizochytrium</i> sp.	Error! Bookmark not defined.
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26
CAPÍTULO 1	27
Resumo	28
Abstract.....	29
1. Introdução	31
2. Material e métodos.....	41
2.1 Delineamento experimental	41
2.2 Índices zootécnicos	42
2.3 Análise estatística	34
2.4 Histologia do fígado	Error! Bookmark not defined.
3. Resultados	36
3.1 Qualidade de água	36
3.2 Índices zootécnicos	36
3.3 Análise histológica do fígado	50
4. Discussão.....	51
5. Referências bibliográficas	Error! Bookmark not defined.
CAPÍTULO 2	46
Resumo	47
Abstract.....	48
1. Introdução	60
2. Material e métodos.....	51
2.1 Dieta experimental.....	51

2.2 Delineamento experimental	51
2.3 Índices zootécnicos	Error! Bookmark not defined.
2.4 Análise estatística	54
2.5 Histologia do fígado	Error! Bookmark not defined.
3. Resultados	54
3.1 Qualidade de água	Error! Bookmark not defined.
3.2 Índices zootécnicos	Error! Bookmark not defined.
3.3 Histologia do fígado	70
4. Discussão.....	59
5. Referências bibliográficas	72
CONCLUSÃO	74

INTRODUÇÃO

A aquicultura é uma atividade de cultivo de organismos cujo ciclo de vida, em condições naturais, se dá total ou parcialmente em meio aquático. Em 2014, a produção mundial de pescados foi de 167,2 milhões de toneladas e, desse valor, 73,8 milhões de toneladas foram produzidas pela aquicultura, sendo 26,7 milhões de toneladas proveniente da maricultura (FAO, 2016). Apesar de apresentar uma menor produção quanto à continental, se comparado em valores monetários, existe uma superioridade da maricultura.

Segundo a FAO (2016), a aquicultura tem fornecido cada vez mais pescados para a população, pulando de 7%, em 1974, para 43% em 2014. No total, a produção de pescados (pesca e aquicultura), em 2014, empregava cerca de 56,6 milhões de pessoas em todo mundo. Desse total, 33% são trabalhadores que atuam diretamente na aquicultura, o que pode parecer pouco, mas, se comparado a 1990, quando essa fatia era de apenas de 17%, é possível ver o potencial dessa atividade.

Outro dado alarmante são as informações dos estoques pesqueiros, pois, segundo a FAO (2016), 31,4% dos estoques pesqueiros já são considerados insustentáveis. Então, o que temos é uma demanda crescente por pescado e, do outro lado, estoques bem debilitados. Nesse sentido, a aquicultura é uma atividade que vem para aliviar um pouco a pressão sobre esses estoques e produzir alimento de qualidade para a população.

Atualmente, no Brasil, essa atividade, principalmente a continental, está apresentando um crescimento exponencial. Apesar de não haver dados oficiais, olhando para o setor produtivo esse crescimento se torna claro.

Enquanto isso, a maricultura no país ainda se restringe basicamente à carcinicultura, cultivo de camarão, e à malacocultura, cultivo de molusco. O cultivo de camarão acontece quase em sua totalidade – cerca de 90% – no nordeste, tendo como principal espécie cultivada o *Litopenaeus vannamei* (ABCC, 2010). O cultivo de moluscos fica concentrado basicamente no sul do país, tendo o mexilhão *Perna perna* como principal espécie produzida (EPAGRI, 2014). Já o cultivo de peixe marinho ainda é uma atividade que

apresenta enorme potencial, mas ainda não acontece de forma industrial, restringindo-se apenas a centros de pesquisas e pequenas produções. Apenas em 2009, uma empresa privada produziu cerca de 40 toneladas de beijupirá (*Rachycentro canadum*) (CAVALLI *et al.*, 2011).

O beijupirá (*Rachycentron canadum*) é uma espécie pelágica migratória que ocorre em águas tropicais e subtropicais (SHAFFER E NAKAMURA, 1989). É uma espécie que já vem sendo cultivada com sucesso em Taiwan há bastante tempo e é uma das mais importantes espécies cultivadas (LIAO *et al.*, 2001). A atenção da aquicultura se voltou para essa espécie, pois ela demonstrou se adaptar ao cultivo em tanques-rede e apresenta boas desovas, tanto naturais, quanto induzidas (FRANKS *et al.*, 2001; ARNOLD *et al.*, 2002). Além disso, apresenta uma alta taxa de crescimento (CHOU *et al.*, 2001), resistência a doenças e boa aceitação a dietas comerciais (SCHWARZ *et al.*, 2004).

Mesmo com uma pequena produção, o beijupirá é considerado uma espécie com bastante potencial para cultivo no Brasil. Dessa forma, o estabelecimento de estratégias alimentares e protocolos nutricionais desempenham um papel fundamental no desenvolvimento futuro dessa atividade.

Na natureza, os animais ao longo de suas vidas experimentam períodos de privação alimentar. Não seria equívoco afirmar que tais períodos são mais comuns do que aqueles de alimentação abundante. A privação alimentar da natureza pode ter como origem diversos motivos, como: escassez de alimento, injúrias, períodos de reprodução e mudanças climáticas.

Em geral, os peixes possuem capacidade para sobreviverem a períodos de privação alimentar (VIGLIANO *et al.*, 2002). Em períodos de condições desfavoráveis na alimentação, os peixes precisam reduzir o gasto energético e mobilizar as reservas energéticas e, por vezes, utilizar constituintes do próprio corpo, levando à perda de peso (NAVARRO e GUTIÉRREZ, 1995).

Após um período de privação alimentar, muitos organismos apresentam crescimento acelerado quando retomam as condições favoráveis para seu desenvolvimento (WILSON e OSBOURN, 1960). Por consequência, peixes que

passaram por momentos de depressão no crescimento, ao transcorrer um período com condições adequadas, podem alcançar o mesmo tamanho que peixes de mesma idade, mantidos em condições favoráveis (ALI *et al.*, 2003). Esse fenômeno é chamado de crescimento compensatório ou ganho compensatório.

Levando em consideração essa característica apresentada por alguns peixes, uma restrição programada poderia se tornar uma estratégia alimentar, objetivando o aumento da produtividade desses animais, além de esclarecer quais os danos causados pelos períodos de jejum.

Outra estratégia para aumento de produção é a substituição de ingredientes, às vezes muito caros ou até mesmo de difícil obtenção. Por ser um peixe marinho carnívoro, o beijupirá demanda de muita energia e, como a maioria, é relativamente intolerante a carboidratos (TRUSHENSKI *et al.*, 2011). Além dessa alta demanda por energia, ainda é necessário uma grande quantidade de ácidos graxos polinsaturados e, devido a isso, a fabricação das rações comerciais desses animais precisa de uma grande quantidade de farinha e óleo de peixe marinho.

Por causa da grande necessidade de ingredientes ricos em ácidos graxos polinsaturados, existe uma necessidade muito grande de produtos de origem animal e, geralmente, esse produto, que poderia ser utilizado diretamente para alimentação humana, é direcionado para fabricação de rações. Nessa vertente é que produtos alternativos para suprir essa demanda de ingredientes de alta qualidade também devem ser testados.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Espécie

O beijupirá (*Rachycentron canadum*) foi descrita, em 1766, por Linnaeus como *Gasterosteus canadus*. Após inúmeras revisões, chegou ao nome atual. É uma espécie costeira pelágica e pode ser encontrada em águas tropicais e subtropicais em todo o mundo, exceto no leste do oceano pacífico (SHAFFER e NAKAMURA, 1989). É um animal carnívoro (DITTY e SHAW, 1992; FRASER e DAVIES, 2009) e, de acordo com Franks *et al.* (1996), é um peixe rápido que se alimenta de crustáceos, peixes e lulas.

Em várias partes do mundo, é um importante peixe para pesca esportiva e está se tornando cada vez mais popular na piscicultura marinha (CHOU *et al.*, 2001). No Brasil, o beijupirá não é alvo da pesca comercial, mas acaba sendo capturado na pesca de espinhel. Pode atingir até 2 metros e pesar 60 kg (HOLT *et al.*, 2007). É um peixe que apresenta um rápido crescimento, de 4 a 6 kg em um ano, excelentes taxas de conversão alimentar em cativeiro e uma larvicultura bem sucedida (CHOU *et al.*, 2001). Assim, essas são algumas das características que fazem com que esse peixe seja um excelente animal para o cultivo.

Segundo Trushenski *et al.* (2011), o beijupirá é a espécie mais promissora para piscicultura marinha, devido a inúmeros fatores, dentre eles a boa tolerância ao manejo. Aliado a isso, segundo Fraser e Davies (2009), o cultivo apresenta baixo custo de produção e, o animal, uma carne branca de excelente qualidade.

Espaço para o cultivo, clima favorável e espécies nativas com potencial para o cultivo são apenas alguns exemplos que fazem do Brasil um país com um enorme potencial para piscicultura marinha. Aliado a esses fatores, há vários trabalhos sendo realizados para avaliar espécies com potencial para cultivo no Brasil, mas somente após a introdução do beijupirá é que empresas privadas começaram a demonstrar mais interesse na atividade (SAMPAIO *et al.*, 2010). Segundo o mesmo autor, a maior vantagem dessa espécie é que ela

possui um pacote tecnológico já desenvolvido, o que elimina várias etapas de pesquisa, passando a ser necessário apenas adequações à realidade brasileira.

Mesmo com o grande potencial que o Brasil apresenta para a piscicultura marinha, em especial para essa espécie, outros pesquisadores relataram alguns gargalos para o desenvolvimento dessa atividade. É nesse sentido que Cerqueira afirma que (2005) a oferta de juvenis é o que mais limita a produção comercial no Brasil. Sanches *et al.* (2006) corroboraram com essa afirmação quando concluíram que o maior entrave para o cultivo da garoupa verdadeira (*Epinephelus marginatus*) seria a obtenção de juvenis.

Outra problemática é com relação à alimentação, pois a ração representa cerca de 60% do custo de produção e esse valor pode ser ainda maior quando se trata de cultivo de espécies carnívoras, que necessitam de um elevado teor de farinha de peixe “branca” (farinha produzida com o peixe inteiro) na ração. Outro ponto desfavorável é que o Brasil não é um produtor desse tipo de farinha e por isso fica muito dependente dos países produtores. Segundo Cavalli *et al.* (2011), um dos problemas para o cultivo do beijupirá no Brasil é a necessidade de se produzir melhores dietas para o cultivo dessa.

Ganho compensatório

Jejum é um período de privação parcial ou total de alimentos. Na natureza, tais períodos são frequentes devido a razões distintas. O mais comum é a privação alimentar por variações sazonais dos estoques de alimento. Mas, o jejum também pode ser consequência de períodos de migração, mudanças bruscas no meio ambiente ou períodos reprodutivos (FU *et al.*, 2011; LIKNES e SWANSON, 2011; COMPTON *et al.*, 2007).

Devido à capacidade de adaptação, os animais submetidos a tais períodos de privação alimentar sofrem mudanças comportamentais, fisiológicas e morfológicas (NAYA *et al.*, 2009; MINER *et al.*, 2005), com o intuito de diminuir ou redirecionar as necessidades metabólicas. As mudanças mencionadas anteriormente são conhecidas como plasticidade fenotípica ou

flexibilidade fenotípica, e vêm sendo descritas por diversos autores em inúmeras espécies (LIKNES *et al.*, 2014; NAYA *et al.*, 2009).

As mudanças sofridas pelos animais durante o período de jejum são, em sua maioria, revertidas no período de realimentação (SECOR, 2005; Van DIJK *et al.*, 2005; RIOS *et al.*, 2004). A realimentação após períodos de jejum (completo ou parcial) afetam os animais a nível morfológico (ZHU *et al.*, 2014; ZENG *et al.*, 2012), fisiológico (WON e BORSKI, 2013; GARAMI *et al.*, 2010) etológico (ORIZAOLA *et al.*, 2014) e bromatológico (GAO *et al.*, 2015; MORSHEDI *et al.*, 2013; PERES *et al.*, 2011).

Como consequência dessas mudanças sofridas no período de realimentação, os animais que passaram por um período de privação alimentar podem atingir o mesmo tamanho que os animais que não sofreram tal estresse, apresentando dessa forma um ganho compensatório.

Segundo Tian e Qin (2003), a característica do ganho compensatório é espécie dependente, ou seja, cada espécie de peixe apresenta um comportamento. Vários estudos mostram que o ganho compensatório pode ocorrer devido à privação total ou parcial da alimentação e este pode se apresentar de diferentes formas: a) compensação total, os animais privados de alimentação conseguem atingir o mesmo tamanho do controle após a realimentação; b) compensação parcial, os animais não conseguem atingir o tamanho, mas apresentam uma aceleração na taxa de crescimento ou melhores conversões alimentares; c) sobre compensação, os animais atingem um tamanho maior do que os alimentados normalmente (ALI *et al.*, 2003).

Durante a fase em que o peixe retoma a alimentação normal, uma série de mudanças ocorre no organismo do animal. Podendo haver restauração do tamanho natural de alguns órgãos (WEATHERLEY e GILL, 1987) e restauração da glicose presente no plasma sanguíneo, assim como da atividade enzimática do tecido muscular branco (PÉREZ-JIMÉNEZ *et al.*, 2012) e melhora nas taxas de conversão alimentar (HAYWARD *et al.*, 1997). Mas o mecanismo mais comum durante a fase de ganho compensatório é a hiperfagia (ALI *et al.*, 2003), a qual é um aumento significativo da taxa de consumo

alimentar apresentado por peixes previamente mantidos em *déficit* alimentar, comparado com peixes mantidos com alimentação *ad libitum* continuamente.

Fígado

O fígado do peixe é um órgão relativamente grande e, em peixes selvagens carnívoros, ele é geralmente marrom avermelhado, enquanto nos herbívoros apresenta-se como marrom claro. Em peixes cultivados, o fígado geralmente possui uma cor mais clara do que o do indivíduo selvagem, mas isso depende da sua dieta. Outra diferença observada entre peixes selvagens e cultivados está em seus hepatócitos, uma vez que, em indivíduos cultivados, essas células são muitas vezes inchadas com glicogênio ou gordura (MORRISON, 2007).

Nos peixes, o fígado tem funções semelhantes às dos mamíferos, ou seja, assimilar nutrientes, produção da biliar, desintoxicação, manutenção da homeostase metabólica do corpo, que inclui o processamento de carboidratos, proteínas, lipídios e vitaminas (GENTEN, 2009).

Dietas ricas em gorduras afetam a saúde do fígado e isso pode ser observado realizando sua análise histológica (SARGENT *et al.*, 2002). A histologia do fígado dos peixes varia entre as espécies, mas existem características gerais que são encontradas na maioria das espécies. A estrutura hepática varia muito e tem relação direta com sexo, idade, alimentação (especialmente quanto aos níveis de glicogênio e gordura), temperatura e condições do ambiente (GENTEN, 2009).

CABALLERO *et al.* (1999), trabalhando com o peixe *Spaurus aurata*, observou um aumento das gotas de lipídios e um maior diâmetro nos peixes alimentados com uma dieta rica em lipídios.

Uma enfermidade que acomete o fígado é o acúmulo de gordura intracelular, que se trata de uma lesão e, apesar de ser reversível, pode causar lesões nas células. Existem várias situações que podem resultar no acúmulo de gordura nas células do fígado, como o excesso de gordura na dieta (HEIDEL e SMITH, 2007).

Substituição de ingredientes

Atualmente, diversas pesquisas buscam fontes alternativas de ingrediente para a dieta do beijupirá. Como em uma piscicultura, os custos com ração podem representar até 60% do custo total da produção, sendo que, para peixe marinho, que apresenta uma maior necessidade de ingredientes de origem animal, esse custo pode ser ainda maior. Devido a isso, vários estudos se concentraram em avaliar a influência da substituição de ingredientes alternativos (custo menor) para as rações, incluindo as de beijupirá.

Em um desses estudos, Zhou *et al.* (2005) realizaram um experimento, cujo teste consistia na substituição parcial da farinha de peixe por farinha de soja (de 0 a 60%, acrescido de 10 em 10%). O experimento foi realizado por 8 semanas em gaiolas (1,5 x 1,0 x 2,0 m), com peixes de aproximadamente 8,3 g, submetidos a 7 dietas experimentais (D0, D10, D20, D30, D40, D50 e D60). Após as análises de crescimento, os resultados mostraram que a substituição a partir de 50% (D50) afetou, significativamente ($P < 0,05\%$), o crescimento e chegou ao mínimo no D60. Após um regressão quadrática, com base no ganho de peso, o nível ótimo da substituição de farinha de peixe por farinha de soja é de $189,2 \text{ g kg}^{-1}$ (entre 20 e 30%).

Bem semelhante a esse trabalho, Zhou *et al.* (2011) realizaram um experimento para avaliar a substituição da farinha de peixe por farinha de ave (de 0 a 60%, acrescido de 15 em 15%). Os peixes tinham peso inicial de 5,8 gramas, foram submetidos aos tratamentos por 10 semanas, em tanques de 500 litros. As dietas experimentais foram (FA-0, FA-15, FA-30, FA-45 E FA-60), em que FA-0 era a dieta controle, sem adição de farinha de ave. Os resultados mostraram que a taxa de crescimento específico e a de sobrevivência, nos tratamentos suplementados com farinha de ave, não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05\%$) se comparada à dieta controle. No entanto, a eficiência alimentar e proteica apresentou os melhores resultados no FA-30 e FA-45. Os resultados indicaram que uma farinha de ave de boa qualidade pode substituir a farinha de peixe em rações comerciais e que o nível ótimo de substituição,

determinado por uma regressão quadrática, com base na melhor eficiência proteica, ficou em 30,75%.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, Trushenski *et al.* (2011a) testaram diferentes níveis de inclusão de farinha de soja como substitutiva à de peixe. Diferente dos dois experimentos citados acima, esse foi suplementado com metionina, para atingir o requerimento da espécie de, aproximadamente 12g/kg (ZHOU *et al.*, 2006); outra novidade foi a inclusão de betaina como um possível atrativo. Para tal experimento, foram formuladas as seguintes dietas experimentais: 100% de farinha de peixe (100%-FP), usada como controle; 50% e 0% de farinha de peixe, com e sem atrativo (50%-FP, 50%-FP+atr, 0%-FP e 0%-FP+atr). O experimento foi realizado em um sistema de recirculação, com unidades experimentais de 300 litros, no qual foram colocados 15 peixes por tanque ($62,4 \pm 0,6$ g), e foram submetidos às dietas experimentais por seis semanas. Avaliando os dados referentes à performance de crescimento 50%-FP e 50%-FP+atr, não apresentaram diferença significativa; já o 0%-FP e 0%-FP+atr, apresentaram resultados significativamente inferiores ($P < 0,05\%$). O uso do atrativo nas rações não resultou em nenhuma melhora representativa. Dessa forma, os resultados sugerem que a FP pode ser substituída parcialmente sem afetar a performance de crescimento.

Em outro trabalho de substituição da farinha de peixe, Luo *et al.* (2012) avaliaram os efeitos no crescimento, digestibilidade e metabolismo proteico da farinha de colza (FC) na alimentação de juvenis de beijupirá. Para esse estudo, foram utilizadas gaiolas (1,5 x 1,5 x 2,5 m) e peixes com peso inicial de 94,6 g, alimentados duas vezes ao dia por 60 dias. As dietas foram formuladas com 0 (controle), 125, 250, 375 e 500 g kg^{-1} de FC. Os peixes alimentados com as dietas com 250 g, ou mais, apresentaram resultados de crescimento significativamente inferiores se comparados ao controle. O mesmo aconteceu com a digestibilidade: a inclusão igual ou superior a 250 g apresentaram os piores resultados.

Diferentes dos outros trabalhos citados, onde geralmente foi substituída a farinha de peixe por alguma farinha de origem vegetal, Bowzer e Trushenski (2015) realizaram um experimento que substituiu a farinha de peixe marinho

por farinha carpa. Isso se justifica pelo fato de que esse tipo de produto apresenta um preço mais acessível. O experimento foi realizado utilizando 3 diferentes espécies de peixes marinhos, mas vamos apresentar os resultados apenas do beijupirá.

Para os testes, foram utilizados juvenis com peso inicial de $57,2 \pm 0,5g$. Esses animais foram alimentados, por oito semanas, com as dietas experimentais, cuja composição era feita por níveis de farinha de peixe de savelha do atlântico (FP) e farinha de peixe de carpa (FPC). Como controle: 0% de farinha de peixe (0 FP), 20% (20 FP, 20 FPC), 40% (40 FP, 40 FPC), 60% (60 FP, 60 FPC) e 60%, mais a mistura das duas farinhas (60%+FP e FPC). Para escolha da melhor dieta, foram testados parâmetros zootécnicos e o beijupirá foi influenciado pelo tipo e pelo nível de inclusão na dieta. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05\%$), mas as dietas com FPC apresentaram os melhores valores, principalmente em altos níveis de inclusão.

Com a mesma ideia, que busca diminuir o uso de farinha de peixe na ração, outra linha de pesquisa trabalha com a substituição de óleo de peixe por outras fontes de óleos, buscando diminuir o custo de produção da ração sem comprometer o desempenho do animal.

Nessa vertente de pesquisa, Trushenski *et al.* (2011b), realizaram um experimento, em que avaliaram a viabilidade da utilização do óleo de soja em rações para o beijupirá. Além das avaliações, acerca da performance de crescimento, também foi avaliada a influência dessas dietas na composição do animal ao final do experimento. Foram testadas 4 dietas: 100% de óleo de peixe (100%OP), 100% de óleo de soja (0%OP), (67%OP) e (33%OP). Os peixes foram colocados em sistema de recirculação, e foram utilizados 12 tanques (300 litros) com 10 peixes (peso inicial $62,4 \pm 0,6g$) cada um, alimentados por seis semanas. No final do experimento, foi observada diferença significativa ($P < 0,05\%$) no peso final e no consumo individual apenas no tratamento 0%OP. A composição de ácidos graxos no tecido ficou bem próxima ao perfil encontrado na dieta. Substituição de grandes quantidades de

óleo de peixe pode resultar em uma deficiência de ácidos graxos essenciais, mas isso pode ser amenizado utilizando fontes alternativas desses nutrientes.

Woitel *et al.* (2014) realizaram um experimento semelhante ao apresentado acima. Os peixes foram mantidos em um sistema de recirculação, foram utilizados 24 tanques de 300 litros, com 10 peixes por tanque e peso inicial de $77,4 \pm 0,2$ g. Para o experimento, foram formuladas seis dietas, sendo o controle com 100% de óleo de peixe “menhaden” (OPM). As outras cinco dietas foram formuladas para conter uma mistura com 50/50 de óleo de peixe “menhaden” e as seguintes fontes de lipídios: óleo de soja padrão (OSP), óleo de soja parcialmente hidrogenado (OSPH), óleos de soja totalmente hidrogenados (OSH), banha de porco (BP) ou sebo bovino (SB). Em todos os casos, exceto no controle, houve a suplementação de DHA. No final do experimento, o tratamento com OSH apresentou o melhor ganho de peso, 220,8 gramas; e os outros tratamentos, inclusive o controle, apresentaram um ganho de peso igual ou muito próximo de 170 gramas. Apesar dessa diferença, esses resultados não apresentaram diferença significativa ($P < 0,05\%$). No caso da composição centesimal dos animais, essa foi bem próxima à composição encontrada nas fontes lipídicas que foram ofertadas. Dessa forma, substitutos do óleo de peixe ricos em ácidos graxos saturados e monossaturados (ex., OSH e SB) podem ser usados na substituição de óleo de peixe.

Ácidos graxos

Os lipídios são importantes fontes de energia metabólica e, entre todas as classes de nutrientes, eles são os mais ricos em energia. Em particular, os ácidos graxos são a principal fonte de combustível para o metabolismo do peixe (TACON, 1990).

Ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas com comprimento que varia de 4 a 36 carbonos. Em alguns casos, a cadeia dos ácidos graxos é totalmente saturada (sem ligações duplas) e, em outros, essa cadeia contém uma ou mais ligações duplas (NELSON e COX, 2008).

Em geral, os animais não são capazes de sintetizar os ácidos graxos essenciais, portanto, esses nutrientes devem entrar na dieta ofertada (TAMARU *et al.*, 1999).

Uma das formas utilizadas para determinar a quantidade de ácidos graxos essenciais para os peixes na fase inicial, é realizar uma análise de perfil dos ácidos graxos em ovos e larvas com o saco vitelino, coletados no ambiente natural. Após realizar esse tipo de análise em ovos de beijupirá Faulk e Holt (2003), observaram uma grande quantidade de ácidos graxos polinsaturados, principalmente o ácido docosa-hexaenóico (DHA, 22:6n-3) e ácido ecosapentaenóico (EPA, 20:5n-3), além de destacarem a importância de ácido araquidônico (ARA, 20:4n-6) na dieta do beijupirá. Segundo Sargent *et al.* (1995), para um crescimento normal, os peixes precisam de DHA, EPA e ARA.

Schizochytrium sp.

As algas *Schizochytrium* pertencem à família Thraustochytriaceae (LUYING *et al.*, 2008), são organismos unicelulares esféricos encontrados em todo o mundo – em habitats estuarinos e marinhos (HAKIM, 2012). Estudos comprovam que *Schizochytrium* vivem em simbiose com bactérias degradantes da lama, podendo, também, serem isoladas do solo ou da lama dos manguezais (HAKIM, 2012). São consumidos, diretamente, por invertebrados marinhos filtradores, como mexilhões e, indiretamente, por peixes e crustáceos que são, por fim, consumidos pelos humanos (HAMMOND *et al.*, 2001).

Os *Schizochytrium* produzem zoósporos biflagelados e as células maduras se repartem por repetidas divisões binárias formando díades, tétrades e agrupamentos. Cada célula de *Schizochytrium* pode se transformar em um esporângio que produzirá vários zoósporos (KAMLANGDEE *et al.*, 2003).

As algas *Schizochytrium* sp. possuem um perfil de 25 a 45% de ácidos graxos e os triacilgliceróis constituem 70% do seu peso (ASHFORD *et al.*, 2000; BARCLAY *et al.*, 1998). Logo, moléculas puras também podem ser extraídas quando suas concentrações são suficientemente altas, resultando em

produtos como ácidos graxos, pigmentos e bioquímicos de isótopos estáveis (SPOLAORE *et al.*, 2006).

Recentemente, um novo óleo rico em DHA foi obtido a partir de uma diferente cepa de *Schizochytrium* sp. e foi denominado de DHA-rich Algal Oil from *Schizochytrium* sp.. Óleo de Alga Rico em DHA de *Schizochytrium* sp., ele se difere dos demais óleos pela sua composição, que contém 40-45% de DHA e mais de 10% de EPA, e destina-se a ser utilizado como ingrediente alimentar ou suplemento dietético (FEDOROVA-DAHMS *et al.*, 2011).

O óleo e a farinha de peixe são os principais fornecedores de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa nas rações; por exemplo, o ácido docosahexaenóico (DHA; 22:6(n-3)) e o ácido eicosapentaenoico (EPA; 20:5(n-3)), ambos ômega 3; e os ácidos graxos ômega 6 (GANUZA *et al.*, 2008; HAKIM, 2012). Os animais aquáticos possuem uma baixa capacidade de síntese desses ácidos graxos, e, ao substituir os insumos por fontes vegetais e subprodutos animais pobres em ômega 3 e ômega 6, a carne dos animais produzidos poderá apresentar baixo teor de ácidos graxos insaturados (GANUZA *et al.*, 2008).

Uma alternativa para se utilizar como fonte de substituição de óleos de peixes é a alga *Schizochytrium* sp., que é uma microalga heterotrófica e possui uma taxa de crescimento rápida (HAKIM, 2012). Li *et al.* (2009) relatam que essas algas são comercializadas em pó e são uma fonte sustentável, rica em ácidos graxos essenciais.

Os estudos com esses microorganismos vêm se evidenciando devido à facilidade para se cultivar, comparado a outras espécies (WU *et al.*, 2005). Hammond *et al.* (2001) relata que a utilização de *Schizochytrium* em pó é considerada segura para se utilizar como ingrediente enriquecedor de DHA na alimentação de frangos de corte e galinhas poedeiras em níveis até 2,8 e 4,3%, respectivamente. Na aquicultura, a *Schizochytrium* sp. é utilizada no enriquecimento de rotíferos e artêmias, que são servidos para larvas de peixes e camarões, com a finalidade de suprir as demandas de DHA (BARCLAY *et al.*, 1996), promovendo, também, o aumento da sobrevivência e do crescimento desses animais (HAMMOND *et al.*, 2001). Também já foi utilizada em diversos

experimentos com peixes. A utilização de microalgas como matéria-prima para substituição do óleo de peixe nas rações pode induzir atividades biológicas ou colorir a carne de salmonídeos (SPOLAORE *et al.*, 2006).

Capítulo 1

Influência de restrições alimentares no ganho compensatório de juvenis de cobia (*Rachycentron canadum*)

André Batista de Souza
andresouza@ifes.edu.br

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias - Laboratório de Zootecnia (UENF/CCTALZO)

Resumo

Como no ambiente natural, pode haver uma grande variação na disponibilidade de alimento, os peixes podem sofrer privações alimentares, causando uma variação das taxas de crescimento. Essa privação quando interrompida pode levar o animal a apresentar um ganho compensatório (fase de aceleração do crescimento de um animal quando as condições normais são restabelecidas). Então com objetivo de avaliar a influência da restrição alimentar no desempenho de juvenis de beijupirá esse experimento foi realizado. No total foram 18 aquários de vidro (50 x 50 x 50 cm, 125 litros) em um sistema de recirculação. No total foram 6 tratamentos, cada um com 3 aquários e cada aquário com 6 peixes (108 peixes no total). As unidades experimentais foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. Os peixes do controle (C) foram alimentados até a saciedade 2x por dia (09 e 16 h) durante todo experimento (45 dias). Os peixes dos tratamentos submetidos a restrição alimentar foram: 5 dias (U5), 10 dias (U10) e 15 dias sem alimento (U15) e logo após a privação foram alimentados como o controle até o final do experimento. Nos outros dois tratamentos os peixes foram submetidos as seguintes restrições: peixe alimentado em dias alternados (U1) e peixes alimentados por 5 dias e privados de alimentação por 2 dias (U2), durante todo o experimento. Com 15, 30 e 45 dias de experimento todos os peixes foram pesados, medidos e dois animais de cada repetição era sacrificado para retirada do fígado. Durante todo o experimento não foi observado nenhuma mortalidade e em

nenhuma fase do experimento foi observado qualquer tipo de ganho compensatório. Na biometria realizada após 15 dias do início do experimento, foi observado que o peso dos peixes dos tratamentos FA1, FA5 e U5 foram iguais ($P < 0,05$), sendo U15, tratamento submetido a restrição mais severa, o pior tratamento. Na coleta de 30 dias, os tratamentos FA1, FA5 e U5 também foram iguais e U15 o tratamento que apresentou o pior resultado e o mesmo foi encontrado na biometria dos 45 dias. Outro resultado observado foi que os peixes dos tratamentos U5, U10 e U15, apresentaram uma hiperfagia assim que começou o período de realimentação, nos tratamentos U1 e U5 esse comportamento era rotineiro. O fígado do animais não mostrou nenhuma diferença significativa entre os tratamentos, todos eles apresentaram um alto grau de degeneração. Foi observado, portanto, que juvenis de beijupirá não podem sofrer nenhum tipo de restrição alimentar, caso isso ocorra será observado uma diminuição do seu ganho de peso e crescimento e o animal não será capaz de repor essa perda.

Palavras-chaves: produtividade; sistema de produção; estratégia alimentar; frequência alimentar.

Abstract

As in the natural environment, there may be a wide variation in food availability; fish may suffer from food deprivation, causing a variation in growth rates. Such deprivation when interrupted may lead the animal to exhibit compensatory gain (phase of accelerated growth of an animal when normal conditions are restored). So, with the objective of evaluating the influence of dietary restriction on the performance of juveniles of cobia this experiment was carried out. In total there were 18 glass aquariums (50 x 50 x 50 cm, 125 liters) in a recirculation system. In total there were 6 treatments, each with 3 aquariums and each aquarium with 6 fish (108 fish in total). The experimental units were distributed in a completely randomized design. Control fish (C) were fed to satiety 2x per day (9am and 4pm) throughout the experiment (45 days). The fish of the treatments submitted to food restriction were: 5 days (U5), 10 days (U10) and

15 days without food (U15) and after deprivation they were fed as the control ones until the end of the experiment. In the other two treatments, fish were subjected to the following restrictions: fish fed on alternate days (U1) and fish fed for 5 days and deprived of feed for 2 days (U2), throughout the whole experiment. At 15, 30 and 45 days of experiment all fish were weighed, measured and two animals from each repeated ones were sacrificed for liver removal. During the whole experiment no mortality was observed and at any stage of the experiment no compensatory gain was observed. In the biometry performed after 15 days of the beginning of the experiment, it was observed that the fish weight of the treatments U1, U2 and U5 were equal ($P < 0.05$), with U15 being the treatment with the most severe restriction, the worst treatment, which lasted until the end of the experiment. At the 30th day of collection, treatments U1, U2 and U5 were also the same. Another result observed was that the fish of the treatments U5, U10 and U15 presented a hyperphagia as soon as the feedback period began, in treatments U1 and U5 this behavior was routine. The liver of the animals showed no significant difference between treatments, all of which presented a high degree of degeneration. It was observed, therefore, that juveniles of cobia cannot suffer any type of food restriction: if that occurs, a decrease of their weight gain and growth will be observed and the animal will not be able to restore that loss.

Keywords: productivity; production system; feed strategy; feed frequency.

1. Introdução

Devido a uma grande variação da disponibilidade de alimento no ambiente natural, os peixes podem sofrer privações alimentares, causando uma variação das taxas de crescimento (CHAPPAZ *et al.*, 1996; CAVALLI *et al.*, 1997). Essa privação, assim que é interrompida, pode levar o animal a apresentar um ganho compensatório que, segundo Ali *et al.* (2003), é uma fase de aceleração do crescimento de um animal, quando as condições normais são restabelecidas, característica que já foi observada em diversos animais, incluindo os peixes.

A característica do ganho compensatório é espécie dependente, ou seja, cada espécie de peixe apresenta um comportamento (TIAN e QIN, 2003). De acordo com Ali *et al.* (2003), vários estudos mostram que o ganho compensatório pode ocorrer devido à privação total ou parcial da alimentação e este pode se apresentar de diferentes formas: a) compensação total, por meio da qual os animais privados de alimentação conseguem atingir o mesmo tamanho do controle após a realimentação; b) compensação parcial, em que os animais não conseguem atingir o tamanho, mas apresentam uma aceleração na taxa de crescimento ou melhores conversões alimentares; c) sobre compensação, na qual o animais atingem um tamanho maior do que os alimentados normalmente.

A compensação total já foi relatada em várias espécies (TIAN e QIN, 2003). Outras espécies apresentaram apenas uma compensação parcial (WANG *et al.*, 2000; ZHU *et al.*, 2001) e a sobre compensação só foi relatada uma vez por Hayward *et al.* (1997), que trabalharam com um híbrido de perca (*Lepomis cyanellus* × *Lepomis macrochirus*).

Alguns trabalhos ainda relataram peixes que não apresentaram ganho compensatório, como Schwarz *et al.* (1985), que trabalharam com a carpa comum. Além disso, o bacalhau do atlântico, *Gadus morhua*, uma espécie com grande valor comercial também apresentou ganho compensatório limitado a períodos sucessivos de realimentação (PURCHASE e BROWN, 2001).

Por ser uma espécie pelágica, o beijupirá – também conhecido como bijupirá, cação sem dentes, cação de escamas, cobia, crabeater – pode passar por privações alimentares no ambiente natural. Essa espécie, em várias partes do mundo, é um importante peixe para a pesca esportiva e está se tornando cada vez mais popular na piscicultura marinha (CHOU *et al.*, 2001). É um peixe que apresenta um rápido crescimento, de 4 a 6 kg em um ano, excelentes taxas de conversão alimentar em cativeiro e uma larvicultura bem sucedida (CHOU *et al.*, 2001). São essas algumas das características que fazem com que esse peixe seja um excelente animal para o cultivo.

Apesar de ser um peixe com um enorme potencial na aquicultura muitas pesquisas ainda precisam ser realizadas, e uma delas foi o objetivo desse trabalho, que avaliou restrições alimentares como possíveis forma de se obter uma aceleração do crescimento durante o cultivo.

2. Material e métodos

2.1 Delineamento experimental

Os juvenis de beijupirá foram adquiridos do laboratório Redemar, em Ilhabela, São Paulo, Brasil. Na chegada ao laboratório, os peixes foram aclimatados às condições do laboratório. Os experimentos foram conduzidos em 18 aquários de vidro (50 x 50 x 50 cm, 125 litros) em um sistema de recirculação. O cano de drenagem foi colocado rente ao fundo e todos os aquários foram tampados com uma tela para evitar a fuga dos peixes. O sistema experimental foi do tipo recirculação contínua e fechada, contendo caixas para a filtragem da água (por meio de processos físicos e biológicos).

O fluxo da água (110 litros/hora, em cada aquário) foi constante, visando manter elevado o teor de oxigênio e evitar possíveis mudanças bruscas na qualidade da água. Os aquários também foram sifonados, diariamente, e os parâmetros da água (salinidade, oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (°C), amônia (mg/L) e pH) foram monitorados duas vezes ao dia.

Ao término da aclimatação, os peixes foram homogeneizados por peso (aproximadamente 15 g) e, em seguida, distribuídos nos aquários. No total, foram 6 tratamentos, cada um com 3 aquários e cada aquário com 6 peixes (108 peixes no total). As unidades experimentais foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. Os peixes do controle (C) foram alimentados até a saciedade – 2x por dia (09 e 16 h) –, com uma ração comercial (Tabela 1.1) durante todo experimento (45 dias).

Tabela. 1.1. Composição química da ração comercial utilizada em todos os tratamentos.

Composição química	%
Umidade	9,8
Proteína Bruta	41,0
Extrato etéreo	11,3
Cinzas	10,6

Todos os peixes foram submetidos às seguintes restrições alimentares: peixe alimentado em dias alternados (U1), peixes alimentados por 5 dias e privados de alimentação por 2 dias (U2) durante todo o experimento. Nos outros tratamentos, os peixes foram submetidos às seguintes restrições alimentares: 5 dias (U5), 10 dias (U10) e 15 dias sem alimento (U15), e, logo após a privação, foram alimentados como o controle até o final do experimento.

No início do experimento, todos os peixes foram anestesiados com eugenol e em seguida pesados em uma balança analítica ($\pm 0,001g$) e medidos com auxílio de paquímetro ($\pm 0,01mm$), por meio do qual foi aferido o comprimento total (CT). Além disso, o consumo de ração (CR) foi quantificado.

Com 15, 30 e 45 dias de experimento, todos os peixes foram pesados e medidos. Em cada pesagem, dois animais, de cada aquário, foram necropsiados para obtenção do peso das vísceras e do fígado. Primeiramente, eles foram anestesiados e, em seguida, sacrificados por meio de uma secção transversal da medula espinhal imediatamente após a região occipital.

2.2 Índices zootécnicos

Para obtenção dos valores de sobrevivência (S), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico para peso (TCEp), taxa de crescimento específico para comprimento (TCEc), índice víscero somático (IVS), índice hepatossomático (IHS), conversão alimentar (CA) e alimento ingerido (AI), foram utilizadas as seguintes fórmulas, respectivamente:

$$S(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de peixes final}}{N^{\circ} \text{ de peixes inicial}} \times 100$$

$$TCEp (\%) = \frac{(\ln \text{ peso final} - \ln \text{ peso inicial})}{N^{\circ} \text{ de dias de cultivo}} \times 100$$

$$TCEc (\%) = \frac{(\ln \text{ comprimento total final} - \ln \text{ comprimento total inicial})}{N^{\circ} \text{ de dias de cultivo}} \times 100$$

$$IVS (\%) = \frac{\text{peso das vísceras}}{\text{peso do animal}} \times 100$$

$$IHS(\%) = \frac{\text{peso do fígado}}{\text{peso do animal}} \times 100$$

$$CA = \frac{\text{consumo}}{\text{ganho de peso}}$$

$$AI(\% \text{ peso/dia}) = \frac{\text{consumo de ração individual}}{(\text{peso inicial ind.} \times \text{peso final ind.})^{0,5} / N^{\circ} \text{ de dias}} \times 100$$

2.3 Análise estatística

Foi realizada a análise utilizando a teoria dos modelos lineares, generalizados para as variáveis (TCEp, TCEc, IVS, IHS, CA e AI), sendo avaliadas as distribuições normal, lognormal, exponencial e gama, com uso do

procedimento GLIMMIX do software Statistical Analysis System (SAS System, Inc., Cary, NC, USA). Sendo escolhida a distribuição pelo critério Akaike (SUGIURA, 1978). Após a escolha da distribuição mais verossímil foi aplicado o teste de Tukey, quando significativo. Em relação às variáveis (peso e comprimento), foi utilizado o procedimento MIXED do software Statistical Analysis System (SAS System, Inc., Cary, NC, USA). Sendo aplicado o teste de Tukey, quando significativo.

2.4 Histologia do fígado

Para o estudo histológico, as peças foram desidratadas em séries crescentes de álcool etílico, clarificadas com xilol e incluídas em parafina, segundo as técnicas de rotina. Os cortes seriados, de 5 µm de espessura, obtidos com o auxílio de micrótomo, foram submetidos às técnicas de rotina de desparafinização, hidratação e coloração (HUMASON, 1972), de acordo com as técnicas utilizadas no setor de histopatologia do Laboratório de Morfologia e Patologia Animal - LMPA/Uenf.

As lâminas foram fotografadas em Microscópio óptico com câmera acoplada e as análises foram feitas utilizando-se o sistema de análise de imagem computadorizada – *Fiji is Just Image*.

Para analisar a morfologia do fígado, foi utilizada a metodologia descrita por McFadzen *et al.* (1997), adaptada para o presente trabalho, que utiliza uma escala de 1 a 3, onde o grau 1 corresponde a um fígado saudável, com núcleo levemente granular e pequeno, hepatócito estruturado e ausência de vacuolização. Grau 2 intermediário, núcleo com muitos grânulos escuros, nucléolos ampliados, hepatócito homogêneo e leve vacuolização hepática. Grau 3 degradado, com núcleo pequeno e preto e, às vezes, imperceptível, hepatócito hialino e severa vacuolização hepática. Essa metodologia permitiu verificar de forma quantitativa se a restrição alimentar causou alguma modificação.

3. Resultados

3.1 Qualidade de água

A parâmetros da água se mantiveram constante durante todo o experimento, dentro do aceitável para a espécie, com uma salinidade de 33 ± 2 , oxigênio dissolvido $6,03 \pm 0,83$ mg/l, temperatura $25,1 \pm 1,1$ °C, amônia $0,18 \pm 0,08$ mg/l e pH $7,7 \pm 0,3$.

3.2 Índices zootécnicos

Não foi observada nenhuma mortalidade durante todo o experimento, mesmo os animais que sofreram as restrições alimentares mais severas.

Na biometria realizada após 15 dias do início do experimento, foi observado que o peso dos peixes dos tratamentos U1, U2 e U5 foram iguais, sendo U15, tratamento submetido à restrição mais severa, o pior tratamento (Figura 1.1). Já na coleta de 30 dias, o tratamentos U5, apresentou diferença do U1. E em todas as biometrias o tratamento U15 apresentou o pior resultado, demonstrando assim a sua incapacidade de apresentar ganho compensatório.

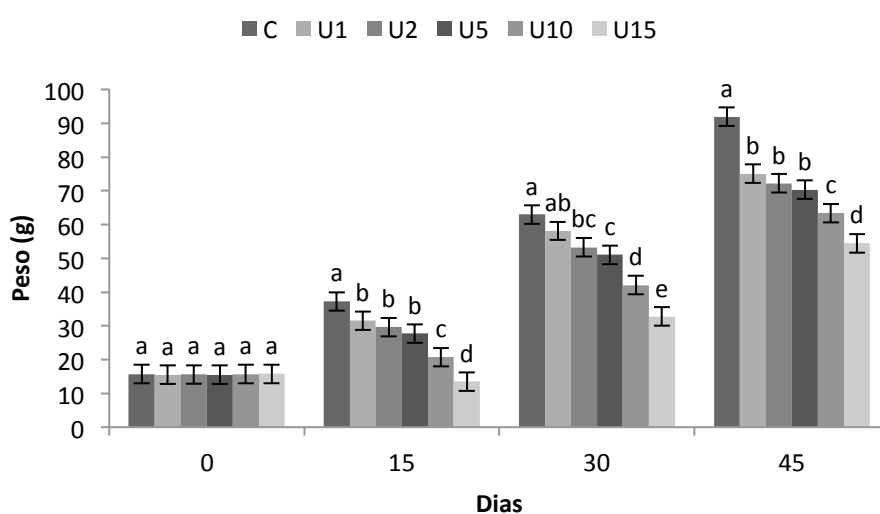


Fig. 1.1. Média do peso do corpo (g), dos juvenis de beijupirá, alimentados até a saciedade (C), alimentados em dias alternados (U1), alimentados por 5 dias e com 2 dias de jejum (U2), durante todo o experimento. Os outros tratamentos seguiram os seguintes regimes: sem alimentação por cinco dias (U5), sem alimentação por dez dias (U10) e sem alimentação por 15 dias (U15) e, depois, alimentados até a saciedade até o fim do experimento. Letras iguais não apresentam diferença significativa ($p>0.05$).

Diferente dos dados de peso, cuja diferença fica mais evidente, o comprimento apresenta menores variações, mas mesmo assim é possível observar que os tratamentos U5, U10 e U15 já apresentaram diferença significativa na primeira biometria (Figura 1.2). Semelhante ao peso, o tratamento U15 foi sempre o pior tratamento, não apresentando nenhum sinal de ganho compensatório.

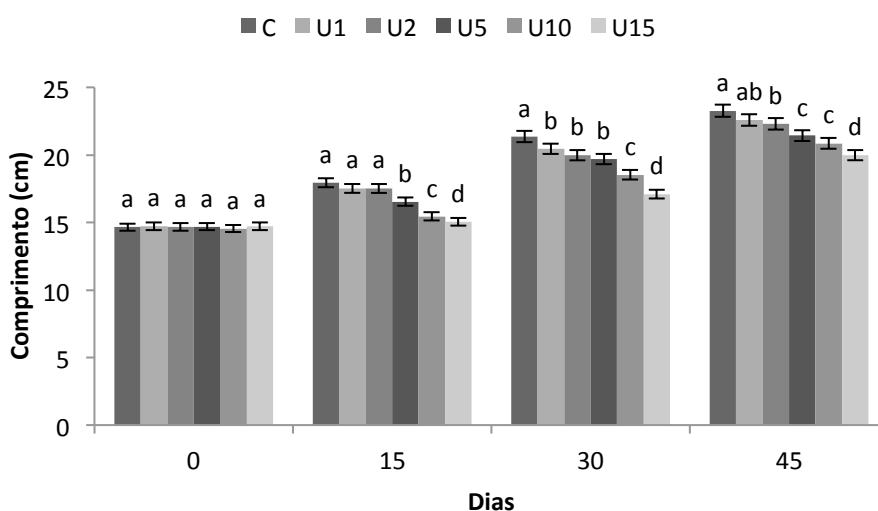


Fig. 1.2. Média do comprimento (cm), dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

Após 15 dias do início de experimento, houve uma diminuição da taxa de crescimento específico para peso em relação aos tratamentos com restrições alimentares mais severas: apenas U1 foi igual ao controle, mas essa semelhança acaba no fim do experimento. O tratamento U15 apresentou um resultado negativo com 15 dias de experimento, mas superou o controle com 30 dias e volta a se igualar no fim do experimento (Figura 1.3).

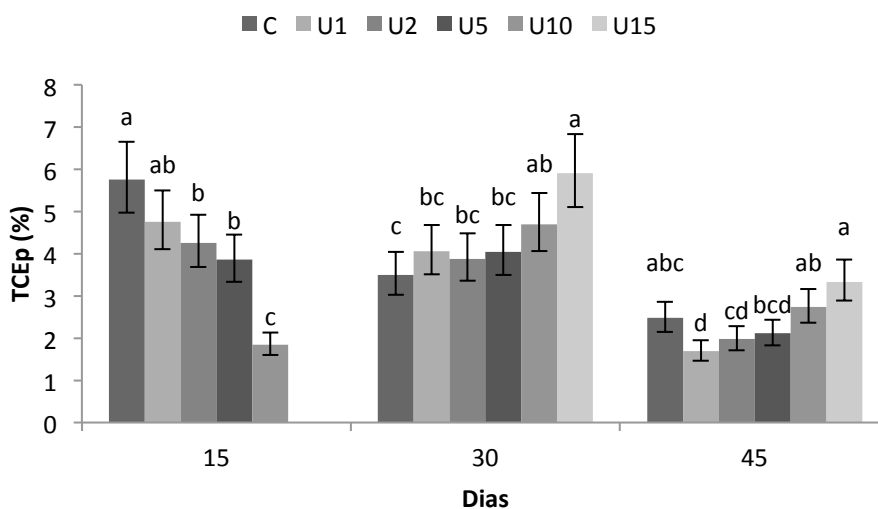


Fig. 1.3. Taxa de crescimento específico do peso (%), dos juvenis de bejupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

Diferente do TCEp a taxa de crescimento específico para comprimento foi pequena mais ainda apresentou um crescimento no tratamento U15 na primeira biometria. Na segunda biometria foi perceptível um aumento na taxa de crescimento específico em relação aos dados da primeira biometria, exceto o C, U1 e U2. No final do experimento ainda é possível observar uma superioridade dos tratamentos com restrições mais severas U10 e U15, sendo os outros tratamento iguais (Figura 1.4).

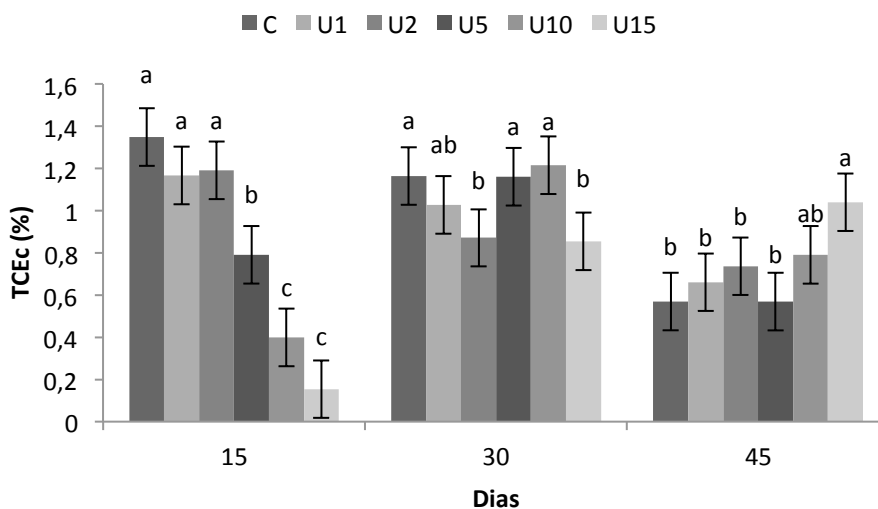


Fig. 1.4. Taxa de crescimento, específico do comprimento (cm), dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

Quanto ao índice víscero somático, o tratamento U15 apresentou, na primeira biometria, o menor valor e o U10 o maior. Já no final do experimento, é possível observar a semelhança do índice para todos os tratamentos (Figura 1.5).

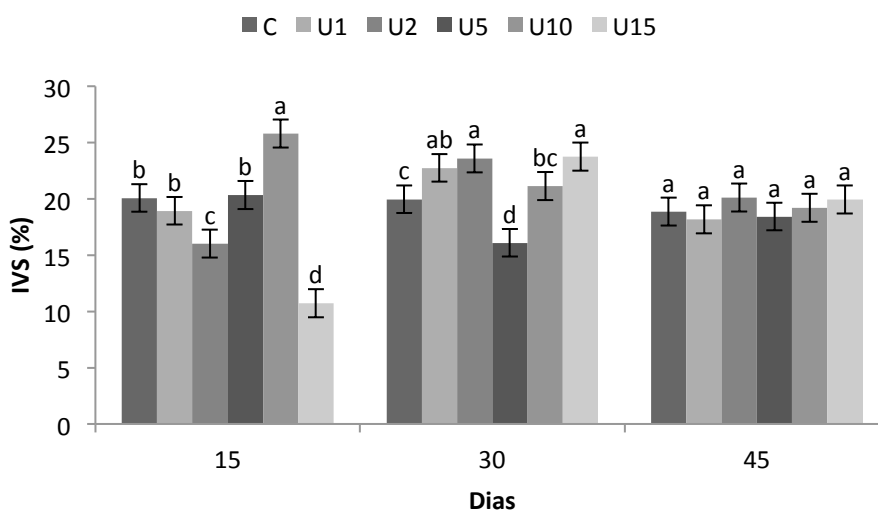


Fig. 1.5. Índice víscero somático (%), dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

Após 15 dias do início do experimento, foi observado que o índice hepato somático dos peixes que sofreram restrição alimentar mais severa apresentou menor resultado e, quando voltaram a se alimentar, foi possível observar sua recuperação, sendo o tratamento que apresentou o maior índice hepato somático na segunda biometria realizada. A mesma recuperação aconteceu com os peixes do tratamento com restrição alimentar de 10 dias. Nos outros tratamentos, esse índice se manteve em valores próximos no decorrer do experimento (Figura 1.6).

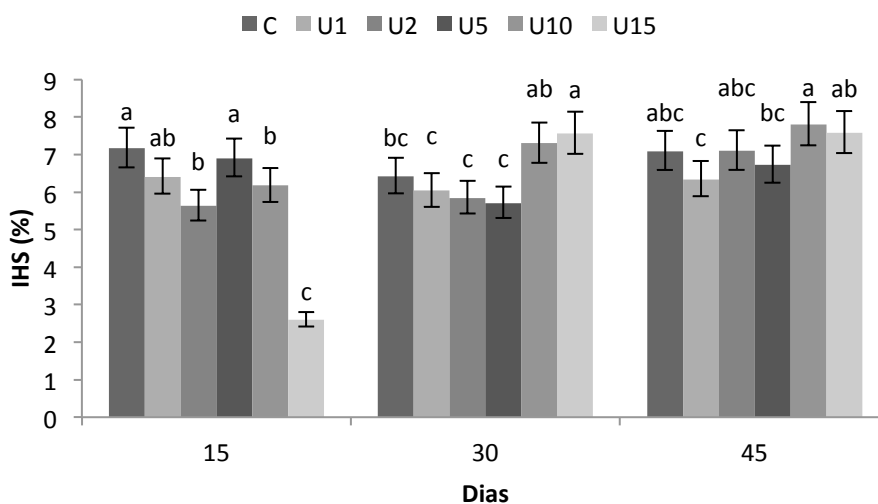


Fig. 1.6. Índice hepato somático (%) dos juvenis de bejupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

A conversão alimentar de todos os tratamentos, em todos os tempos, acabou não apresentando diferença significativa (Figura 1.7).

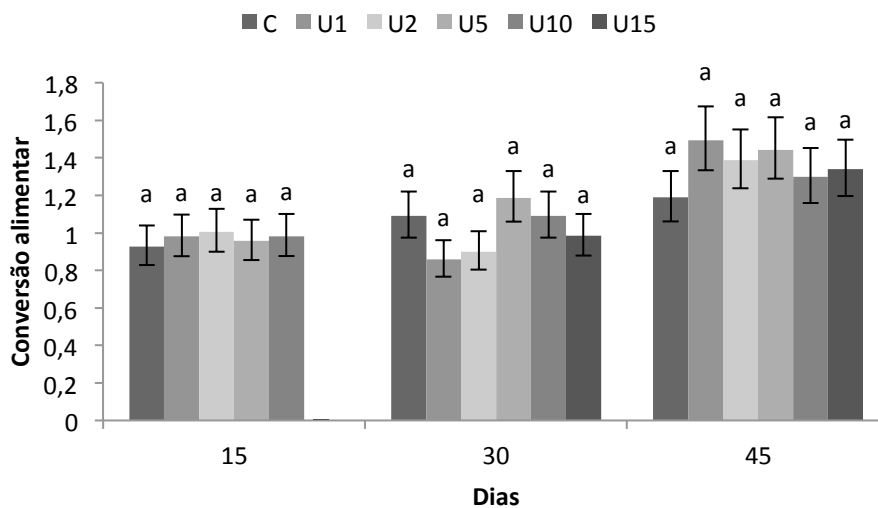


Fig. 1.7. Conversão alimentar dos juvenis de bejupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

Outro resultado observado foi o de peixes dos tratamentos U5, U10 e U15, os quais apresentaram uma hiperfagia assim que começou o período de

realimentação. Nos tratamentos U1 e U2, esse comportamento foi rotineiro. Essa hiperfagia refletiu no alimento ingerido do tratamento U1 (Figura 1.8), o qual apresentou o maior valor durante todo o experimento.

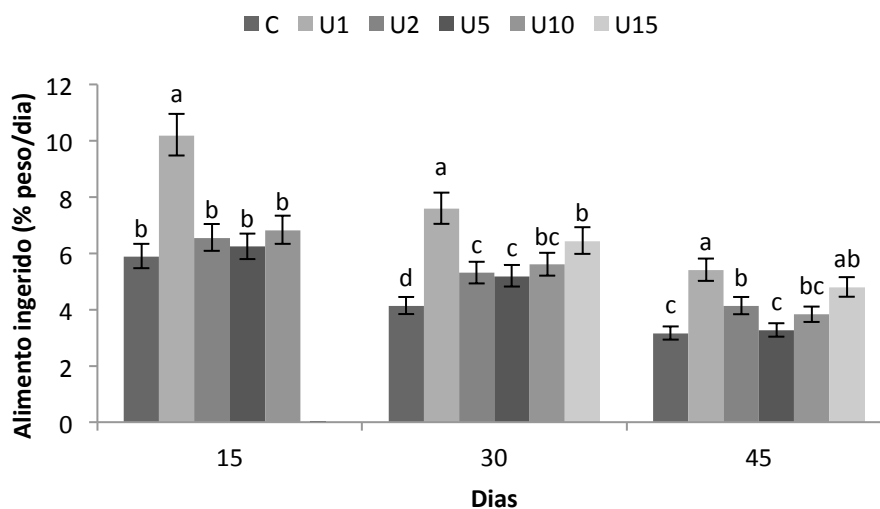


Fig. 1.8. Alimento ingerido (%peso/dia) dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p > 0.05$).

3.3 Análise histológica do fígado

Não foram identificados os lóbulos no fígado dos peixes. Todos os fígados analisados apresentaram uma degeneração severa, sendo 100% dos fígados classificados em grau 3, com um núcleo, na maioria das vezes, imperceptível e, quando visíveis, bem perto da parede celular. Quanto aos hepatócitos todos estavam extremamente cheios. Apenas o tratamento U15 apresentou algumas áreas com hepatócitos um pouco mais vazios (Figura 1.9-A), quando comparado aos outros tratamentos (Figura 1.9-B).

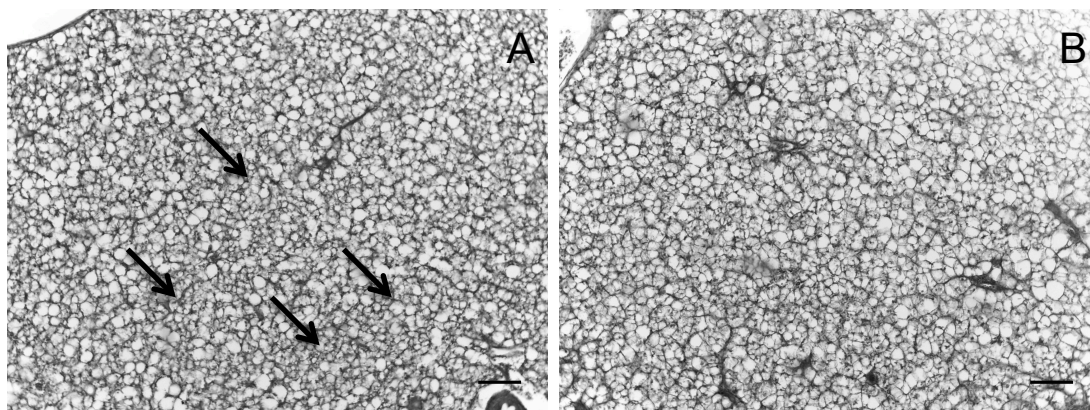


Fig. 1.9. Lâminas de fígados de bejupirá (barra de 100 µm) submetidos a diferentes tratamentos. (A) U15. (A) Controle. Setas indicando as áreas com um pouco menos de gordura nos hepatócitos.

4. Discussão

O sistema de recirculação de água, adotado no presente experimento, mostrou-se eficiente em manter os parâmetros de qualidade de água dentro da faixa tolerável durante o tempo de cultivo.

Assim como relatado por Peres *et al.* (2011) e Tian e Qin (2003) nenhuma mortalidade foi observada. Já aqueles autores que observaram mortalidade, relataram que não foi por influência da restrição alimentar sofrida (HEIDE *et al.* 2006; WANG *et al.* 2000; JIWYAM 2010).

Em nenhuma fase do experimento foi observado qualquer tipo de ganho compensatório, já que, quanto mais severa a restrição alimentar, menor o peso e comprimento dos peixes. Durante todo o experimento, esse resultado se manteve constante. Também outros trabalhos relataram espécies de peixes que não apresentaram ganho compensatório, como encontrado por Schwarz *et al.* (1985), que trabalharam com a carpa comum.

Peres *et al.* (2011) realizaram um experimento com o *Sparus aurata* e relataram que não seriam indicados períodos de restrição alimentar, pois não foi observado a capacidade de ganho compensatório. Bavcevic *et al.* (2010), trabalhando com a mesma espécie, submeteram grupos de peixes a privações alimentares e, outro, à restrição. Um grupo recebeu uma quantidade de ração de 1,8% de seu peso corporal (controle), enquanto outro grupo recebeu 1,4% e

apresentou ganho compensatório; os outros dois grupos que sofreram uma privação (0,5%) e restrição (0%) não apresentaram nenhum ganho compensatório. Apesar de os peixes privados de alimentação terem apresentado ganho compensatório em peso, tiveram seu comprimento comprometido, não apresentando ganho compensatório em relação a ele. Ainda segundo o autor, qualquer atraso no crescimento em comprimento implica em uma perda do aumento de peso potencial, definida como o aumento máximo atingível em peso em um determinado período.

Um resultado diferente foi encontrado por Tian e Qin (2003), que fizeram um experimento de ganho compensatório com o *Lates calcarifer* e constataram que os peixes que tiveram privação alimentar durante uma semana atingiram o mesmo peso do controle após a realimentação, apresentando um ganho compensatório total. Essa foi a única fase que apresentou crescimento compensatório. No trabalho de Heide *et al.* (2006) com o *Hippoglossus hippoglossus*, observou-se que todos os grupos de peixes privados de alimentação apresentaram um ganho compensatório parcial, mesmo aqueles com até 32 dias de restrição alimentar. Porém, nenhum grupo conseguiu atingir o mesmo peso do controle.

Zhu *et al.* (2004), trabalhando com as espécies *Carassius auratus gibelio* e *Leiocassis longirostris*, observaram um ganho compensatório nos períodos de realimentação. Porém, a compensação ocorrida nos peixes privados de alimentação não foi suficiente para coincidir com o crescimento dos peixes do controle, alimentados diariamente até a saciedade. Além disso, o bacalhau do atlântico, *Gadus morhua*, uma espécie com grande valor comercial, também apresentou ganho compensatório limitado a períodos sucessivos de realimentação (PURCHASE e BROWN, 2001).

Tian e Qin (2003) apresentaram em seu experimento que, embora a taxa de crescimento específico em peixes restritos de alimentação por 2 e 3 semanas tenha sido maior que o controle após a realimentação, os peixes não atingiram o mesmo peso corporal do peixe do controle, indicando que a restrição alimentar causou diferenças significativas no peso dos peixes no final do experimento. Segundo Bavcevic *et al.*, (2010), a restrição na alimentação

reduz não só o crescimento, mas também a capacidade de ganho de peso máximo do *Sparus aurata*. Em seu trabalho, todos os grupos privados apresentaram taxas de crescimento menores durante o primeiro semestre do experimento.

Apesar do aumento da taxa de crescimento específico, não se pode afirmar que o tratamento apresentou um ganho compensatório, pois o animal com maior taxa apresenta um tamanho menor. Esse tipo de problema foi relatado por Ali *et al.* (2003), o qual afirma que esse tipo de comparação não é correta do ponto de vista biológico. Apesar disso, muitos trabalhos seguem essa linha e a justificativa para isso é de que, do ponto de vista da produção, o importante é saber se o animal vai conseguir atingir um peso igual ao alimentado normalmente.

Diferente da TCEp, que já no final do experimento se iguala ao controle, a TCEc continua sendo superior, e isso pode ser explicado pelo fato de que o animal consegue recuperar mais rapidamente seu peso do que seu comprimento. Além disso, o mesmo problema apresentado na TCEp ocorre para essa variável, que é a comparação de peixes com tamanhos diferentes.

No que se refere ao alto IVS do tratamento U10 na primeira biometria, provavelmente, logo após o período de realimentação (apenas 5 dias), o animal deu prioridade à recuperação de suas reservas viscerais.

A restrição mais severa na primeira biometria, mesmo apresentando o IHS mais baixo de todos os tratamentos, o que seria facilmente explicado pela restrição que o animal passou, apresenta que as observações do fígado do animal não revelaram queda expressiva na quantidade de gordura, sendo todos classificados no grau 3. Uma explicação para esse resultado pode estar ligado ao fato de que esse animal, por não possuir vesícula gasosa, utiliza o fígado para auxiliar sua fluabilidade. Então, mesmo em períodos de restrição alimentar, ele tem que manter os níveis de gordura no fígado. Nesse sentido, a quantidade de gordura nesse órgão era tão expressiva que os núcleos dos hepatócitos eram empurrados para a periferia da célula, ficando colado na parede celular.

Com relação ao comportamento hiperfágico, assim como relatado por Zhu *et al.* (2004), os peixes apresentaram esse comportamento no período de realimentação, e isso permaneceu por ambas as semanas de realimentação e mostrou-se ainda mais clara nos ciclos posteriores. Wang *et al.* (2000) e Nikki *et al.* (2004) também observaram hiperfagia nos peixes privados de alimentação, sugerindo que foi esse o mecanismo responsável pelo aumento das taxas de crescimento durante o ganho compensatório.

Tian e Qin (2003) observaram hiperfagia em todos os peixes privados de alimentação logo na primeira semana de realimentação até a saciedade. Porém, esse comportamento não foi observado em nenhum tratamento na terceira semana de realimentação.

Apesar do maior valor no alimento ingerido, isso não refletiu em uma melhor conversão alimentar, o que só aumenta o desperdício de ração. A ausência de uma melhor conversão alimentar nos tratamentos submetidos à restrição reforça ainda mais a ideia de que a restrição alimentar não provoca nenhum tipo de compensação.

Dessa forma, conclui-se que juvenis de beijupirá quando submetidos a qualquer restrição alimentar, vão apresentar perdas significantes no peso e não vão apresentar ganho compensatório quando as condições normais forem estabelecidas.

Capítulo 2

Efeito da farinha de alga *Schizochytrium sp.* na sanidade e desempenho zootécnico de juvenis de beijupirá (*Rachycentron canadum*)

André Batista de Souza
andresouza@ifes.edu.br

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias - Laboratório de Zootecnia (UENF/CCTA/LZO)

Resumo

O beijupirá é um peixe que apresenta uma necessidade por ácidos graxos poliinsaturados na sua dieta. Por possuir altos níveis desses nutrientes a farinha da alga microalga *Schizochytrium sp.* pode ser uma alternativa viável para inclusão em dietas comerciais. Então com o objetivo de avaliar se essa farinha influencia o desempenho zootécnico de juvenis de beijupirá, esse experimento foi executado. No total foram produzidas 4 rações, sendo a primeira a controle (C) sem adição de farinha de alga (FA), seguida da ração dois (R2) enriquecida com 2% de FA, ração três (R4) enriquecida com 4% de FA e quarta ração (R6) enriquecida com 6% de FA. Os experimentos foram conduzidos em 12 caixas circulares de polietileno (1.000 litros) em um sistema de recirculação contínua. Cada tratamento contou com 3 repetições e cada repetição com 19 peixes. As unidades experimentais foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. O peixes foram alimentados até a saciedade duas vezes por dia (09 e 16 h) durante todo experimento e o consumo de ração quantificado. No início do experimento todos peixes foram pesados e medidos e a cada 10 dias de alimentação era realizada uma biometria com todos os peixes. No final do experimento 4 peixes de cada tratamento foram sacrificados para retirada do fígado. Após 20 dias os tratamento R4 e R6 já apresentavam diferença significativa ambos no ganho de peso e R6 no comprimento. Essa diferença foi se acentuando até que no fim do experimento

todos com tratamentos com inclusão eram superiores ao controle, sendo R4 e R6 os animais que apresentaram os melhores resultados, Além do crescimento os dois tratamentos com os maiores níveis de inclusão apresentaram as melhores conversões alimentares, superando muito o controle. Em todos os tratamentos os fígados apresentavam um alto grau de degeneração. A adição de farinha de alga nas rações foi extremamente satisfatória, melhorando significativamente o desempenho zootécnico do animal, apesar de não influenciar os níveis de gordura do fígado. Levando em consideração os resultados de desempenho é recomendando o uso de 4% ou 6% de inclusão.

Palavras-chave: protocolos nutricionais; suplementos; substituição de ingredientes; ácidos graxos.

Abstract

Cobia is a fish that presents a need for polyunsaturated fatty acids in its diet. Due to the high levels of these nutrients, the flour of microalgae *Schizochytrium* sp. May be a viable alternative for inclusion in commercial diets. So with the objective of evaluating if this flour influences the zootechnical performance of juveniles of cobia, this experiment was executed. Four diets were produced, the first to be controlled (C) without addition of MF, followed by the feed two (R2) enriched with 2% of FA, diet three (R4) enriched with 4% of MF and fourth diet (R6) enriched with 6% of MF. The experiments were conducted in 12 circular polyethylene boxes (1,000 liters) in a continuous recirculation system. Each treatment had 3 replicates and each replicate had 19 fish. The experimental units were distributed in a completely randomized design. The fish were fed to satiety twice a day (9am and 4pm) throughout the experiment and the feed consumption was quantified. At the beginning of the experiment all fish were weighed and measured and every 10 days of feeding a biometry was performed with all the fish. At the end of the experiment 4 fish from each treatment were sacrificed for removal of the liver and its subsequent histological analysis. After 20 days, both treatments R4 and R6 already presented significant difference in

weight gain, and R6 presented difference in length. This difference was being accentuated until at the end of the experiment all treatments with inclusion were superior to the control, with R4 and R6 being the animals that presented the best results. In addition to the growth, the two treatments with the highest levels of inclusion presented the best food conversions, surpassing too much the control. In all treatments livers had a high degree of degeneration. The addition of microalgae flour in the rations was extremely satisfactory, significantly improving the zootechnical performance of the animal, although it did not influence the fat levels of the liver. Taking into consideration the performance results it is recommended to use 4% or 6% inclusion of MF.

Keywords: nutritional protocols; supplements; substitution of ingredients; fat acids.

1. Introdução

O beijupirá (*Rachycentron canadum*) foi descrito, em 1766, por Linnaeus como *Gasterosteus canadus*, e, após inúmeras revisões, chegou ao nome atual. É uma espécie costeira pelágica e pode ser encontrada em águas tropicais e subtropicais em todo o mundo, exceto no leste do oceano pacífico (SHAFFER e NAKAMURA, 1989). É um animal carnívoro (DITTY e SHAW, 1992; FRASER e DAVIES, 2009) e, de acordo com Franks *et al.* (1996), é um peixe rápido que se alimenta de crustáceos, peixes e lulas.

Segundo Trushenski *et al.* (2011), o beijupirá é a espécie mais promissora para piscicultura marinha, devido a inúmeros fatores, dentre eles, a boa tolerância ao manejo. Aliado a isso, segundo Fraser e Davies (2009), é um animal de carne branca e excelente qualidade.

Espaço para o cultivo, clima favorável e espécies nativas com potencial para o cultivo são apenas alguns exemplos que fazem do Brasil um país com um enorme potencial para piscicultura marinha. Aliado a esses fatores, vários trabalhos vêm sendo realizados para avaliar espécies com potencial para cultivo no Brasil, mas somente após a introdução do beijupirá é que empresas

privadas começaram a demonstrar mais interesse na atividade (SAMPAIO *et al.*, 2010). Segundo o mesmo autor, a maior vantagem dessa espécie é possuir um pacote tecnológico já desenvolvido, o que elimina várias etapas de pesquisa, passando a ser necessário apenas adequações à realidade brasileira.

Mesmo com o grande potencial que o Brasil apresenta para a piscicultura marinha, uma problemática encontra-se na alimentação, pois a ração representa cerca de 60% do custo de produção e esse valor pode ser ainda maior quando se trata de cultivo de espécies carnívoras, que necessitam de um elevado teor de farinha de peixe “branca” (farinha produzida com o peixe inteiro) na ração. Outro ponto desfavorável está no fato de o Brasil não ser um produtor desse tipo de farinha e, por isso, fica muito dependente dos países produtores. Segundo Cavalli *et al.* (2011), um dos problemas para o cultivo do beijupirá, no Brasil, é a necessidade de se produzir melhores dietas para o cultivo dessa espécie.

Uma alternativa para suprir essa necessidade de “farinha branca” é a utilização de farinha de algas. Porém, o óleo e a farinha de peixe são os principais fornecedores de ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa nas rações, como o ácido docosahexaenóico (DHC; 22:6(n-3)) e o ácido eicosapentaenoico (EPA; 20:5(n-3), ambos ômega 3, e, os ácidos graxos, ômega 6 (GANUZA *et al.*, 2008; HAKIM, 2012). Os animais aquáticos possuem uma baixa capacidade de síntese destes ácidos graxos, e, ao substituir os insumos por fontes vegetais e subprodutos animais pobres em ômega 3 e ômega 6, a carne dos animais produzidos poderá apresentar baixo teor de ácidos graxos insaturados (GANUZA *et al.*, 2008).

Uma alternativa para se utilizar como fonte de substituição de farinha e óleo de peixes é a alga *Schizochytrium sp.*, que é uma microalga heterotrófica e possui uma alta taxa de crescimento (HAKIM, 2012). Além disso, é um produto de fácil obtenção e já se encontra consolidado no mercado brasileiro.

Devido a todos esses fatores e apesar de todos os avanços já alcançados, ainda existem alguns gargalos que devem ser pesquisados no intuito de maximizar a produção, visando suprir a demanda de proteína animal

para uma população que não para de crescer. Dessa forma, pesquisas que avaliem possíveis substitutos para farinha e óleo de peixe são essenciais, para tornar a atividade mais independente e sustentável, principalmente no Brasil.

2. Material e métodos

2.1 Dieta experimental

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com os requisitos nutricionais da espécie, após extensa revisão bibliográfica e fabricadas pela empresa Nutriave Alimentos Ltda. O experimento contou com 4 tratamentos, sendo a primeira ração a controle (C) sem adição de farinha de alga (FA), a segunda ração (R2) enriquecida com 2% de FA, a terceira ração (R4) enriquecida com 4% de FA e quarta e última ração (R6) enriquecida com 6% de FA (Tabela 2.1).

Tabela. 2.1. Dietas formuladas.

	Controle	R2	R4	R6
Ingredientes g/100g				
Arroz quirera	20	20	20	20
Farinha de vísceras	20	20	20	20
Concentrado proteico de soja	16,94	16,44	15,94	15,44
Milho moído	15,5	15	14,5	14
Farinha de carne	10	10	10	10
Proteína isolada de soja	6,1	6,1	6,1	6,1
Farinha de peixe	5	5	5	5
Óleo de peixe marinho	4,46	3,46	2,46	1,46
Premix vitamínico	1	1	1	1
Premix mineral	1	1	1	1
Farinha de alga	0	2	4	6

2.2 Delineamento experimental

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Nutrição e Produção de Organismo Aquáticos, situado no Instituto Federal do Espírito Santo / *Campus* Piúma/ES. Os juvenis de beijupirá foram adquiridos do laboratório Redemar, em

Ilhabela. Antes do experimento, os peixes foram aclimatados às condições do laboratório e às rações experimentais por aproximadamente 1 semana.

Os experimentos foram conduzidos em 12 caixas circulares de polietileno (1.000 litros) em um sistema de recirculação contínua e fechada contendo caixas para a filtragem da água (através de processos físicos e biológicos).

O fluxo da água (110 litros/hora em cada caixa) foi constante, visando manter elevado o teor de oxigênio e evitar possíveis mudanças bruscas na qualidade da água. Os parâmetros da água (salinidade, oxigênio dissolvido [mg/L], temperatura [°C], amônia [mg/L], pH e alcalinidade mg/L) foram monitorados e controlados diariamente.

Ao término da aclimatação, os peixes foram homogeneizados por peso e, em seguida, distribuídos nas caixas. Cada tratamento contou com 3 repetições e cada repetição com 19 peixes. As unidades experimentais foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado. O peixes foram alimentados até a saciedade duas vezes por dia (09 e 16 h) durante todo experimento e o consumo de ração também foi quantificado.

No início do experimento todos os peixes foram anestesiados com eugenol e, em seguida, pesados em uma balança analítica ($\pm 0,001g$) e medidos com auxílio de paquímetro ($\pm 0,01mm$). Também foi retirada uma amostra de peixes com características biométricas similares aos animais experimentais para necropsia, os quais foram primeiramente anestesiados e, em seguida, sacrificados por meio de uma secção transversal da medula espinhal, imediatamente após a região occipital. Desses peixes, foi retirado o fígado e a carcaça, que foram congelados para posterior análise bromatológica (matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, energia e matéria mineral) e perfil dos ácidos graxos, assim como a ração utilizada no experimento.

A cada 10 dias de alimentação, era realizada uma biometria com todos os peixes, seguindo o mesmo procedimento inicial. No final do experimento, quatro peixes de cada tratamento foram sacrificados para retirar amostras de sangue, fígado e carcaça.

2.3 Índices zootécnicos

Para obtenção dos valores de sobrevivência (S), ganho de peso (GP), taxa de crescimento específico para peso (TCEp), conversão alimentícia (CA), alimento ingerido (AI) e fator de condição (K) foram utilizadas as seguintes fórmulas, respectivamente:

$$S(\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de peixes final}}{N^{\circ} \text{ de peixes inicial}} \times 100$$

$$GP (g) = \text{peso úmido final médio} - \text{peso úmido inicial médio}$$

$$TCEp (\%) = \frac{(\ln \text{ peso úmido final} - \ln \text{ peso úmido inicial})}{N^{\circ} \text{ de dias de cultivo}} \times 100$$

$$CA = \frac{\text{consumo de ração}}{\text{ganho de peso}}$$

$$AI(\% \text{ peso/dia}) = \frac{\text{consumo de ração individual}}{(\text{peso inicial ind.} \times \text{peso final ind.})^{0,5} / N^{\circ} \text{ de dias}} \times 100$$

$$K = \frac{\text{peso}}{\text{comprimento}^3} \times 1000$$

2.4 Análise estatística

Foi realizada a análise utilizando a teoria dos modelos lineares generalizados para as variáveis (TCEp, CA, AI e K), sendo avaliadas as distribuições normal, lognormal, exponencial e gama, com uso do procedimento GLIMMIX do software *Statistical Analysis System* (SAS System, Inc., Cary, NC, USA). Sendo escolhida a distribuição pelo critério Akaike (SUGIURA, 1978). Após a escolha da distribuição mais verossímil, foi aplicado o teste de Tukey,

quando significativo. Em relação às variáveis (comprimento, peso e ganho de peso) foi utilizado o procedimento MIXED do software *Statistical Analysis System* (SAS System, Inc., Cary, NC, USA). Sendo aplicado o teste de Tukey, quando significativo.

2.5. Histologia do fígado

Para o estudo histológico, as peças foram desidratadas em séries crescentes de álcool etílico, clarificadas com xilol e incluídas em parafina, segundo as técnicas de rotina. Os cortes seriados, de 5 µm de espessura, obtidos com o auxílio de micrótomo, foram submetidos às técnicas de rotina de desparafinização, hidratação e coloração (HUMASON, 1972), de acordo com as técnicas utilizadas no setor de histopatologia do Laboratório de Morfologia e Patologia Animal - LMPA/Uenf.

As lâminas foram fotografadas em Microscópio óptico com câmera acoplada e as análises foram feitas utilizando-se o sistema de análise de imagem computadorizada – *Fiji is Just Image*.

Para analisar a morfologia do fígado foi utilizada a metodologia descrita por McFadzen *et al.* (1997), adaptada para o presente trabalho, que utiliza uma escala de 1 a 3, em que o grau 1 corresponde a um fígado saudável, com núcleo levemente granular e pequeno, hepatócito estruturado e ausência de vacuolização. Grau 2 intermediário, núcleo com muitos grânulos escuros, nucléolos ampliados, hepatócito homogêneo e leve vacuolização hepática. Grau 3 degradado, com núcleo pequeno e preto e, às vezes, imperceptível, hepatócito hialino e severa vacuolização hepática.

3. Resultados

3.1 Qualidade de água

Em parâmetros de água, se mantiveram constante durante todo o experimento, dentro do aceitável para a espécie, com uma salinidade de 36 ± 2 ,

oxigênio dissolvido $6,76 \pm 0,22$ mg/l, temperatura $26 \pm 0,5$ °C, amônia $0,11 \pm 0,06$ mg/l, pH $7,9 \pm 0,2$ e alcalinidade 190 ± 10 mg/L.

3.2 Índices zootécnicos

A sobrevivência do tratamentos foram de 91, 96, 96 e 100%, para os tratamentos C, R2, R4 e R6, não apresentando diferença significativa ($P < 0,05$). Os animais alimentados com as rações R4 e R6 apresentaram os melhores resultados de crescimento em comprimento e peso (Fig. 2.1 e 2.2). Com 20 dias de experimento já foi possível observar uma diferença significativa quanto ao comprimento da R6, quando comparada ao controle (Fig. 2.1). Essa diferença perdurou até o fim do experimento. O tratamento R4 também se diferenciou do controle, sendo que isso só ocorreu no dia 30 e se manteve até o fim (Fig. 1).

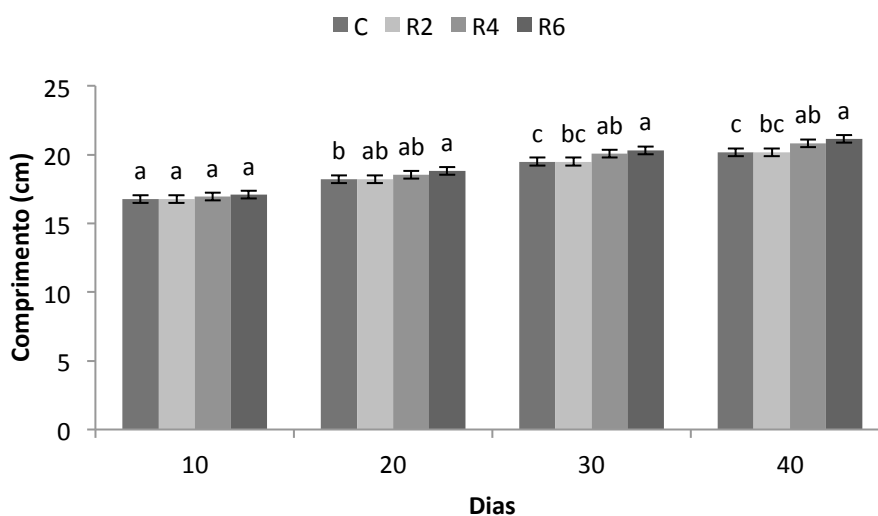


Fig. 2.1. Média do comprimento total (cm), dos juvenis de bejupirá, alimentados até a saciedade com a ração controle (C) sem adição de farinha de alga (FA), a ração com adição de 2% de FA (R2), a ração com adição de 4% de FA (R4) e a ração com adição de 6% de FA (R6). Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p > 0,05$).

Diferente dos dados de comprimento, diferenças significativas no peso, quando comparadas ao controle, só ocorreram com 30 dias de experimento, nos tratamentos R4 e R6. Apesar de, com 20 dias, já fosse possível notar uma

pequena diferença, esses dados não apresentaram diferença significativa (Fig. 2.2). Com 40 dias, R2 também apresentou diferença significativa quando comparado ao controle, mas foi significativamente inferior a R4 e R6 (Fig. 2).

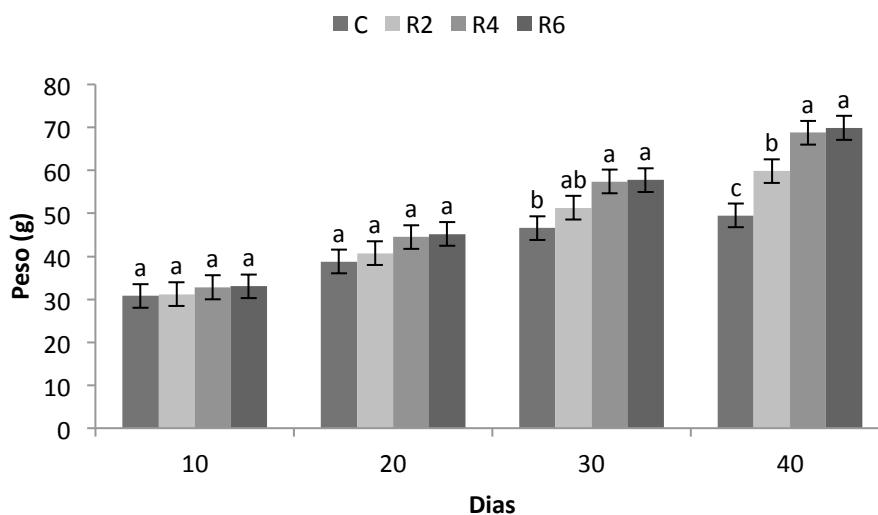


Fig. 2.2. Média do peso (g) dos juvenis de beajupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p > 0.05$).

Se no peso não foi possível observar diferença significativa com 20 dias de experimento, essa diferença ficou evidente no ganho de peso (Fig. 2.3), quando novamente R4 e R6 se destacaram até o fim do experimento. Com 40 dias, a R2 também apresentou diferença significativa quando comparada ao controle, mas ainda apresentou resultado inferior a R6.

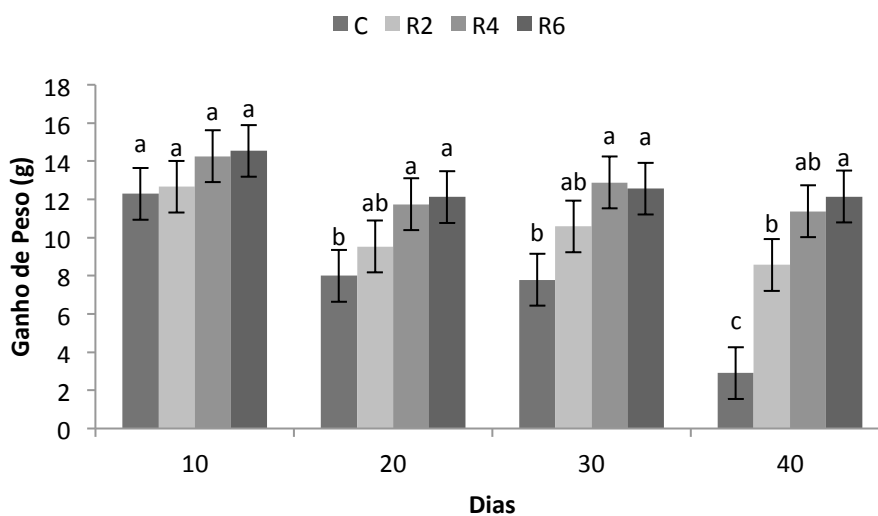


Fig. 2.3. Ganho de peso (g) dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

Com 10 dias de experimento, foi possível observar uma alta taxa de crescimento específico, quando comparada as outras biometrias. Com 20 dias de experimento, foi possível observar a superioridade dos tratamentos R4 e R6, que apresentaram diferença significativa (Figura 2.4).

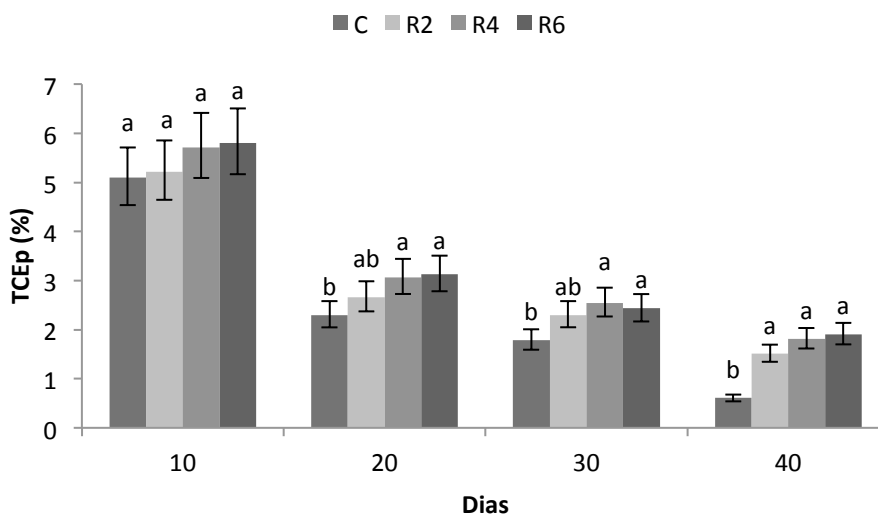


Fig. 2.4. Taxa de crescimento específico do peso (%) dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

Além dos excelentes resultados de crescimento, os tratamentos R4 e R6 já apresentaram diferenças significativas quanto à conversão alimentar, já com 20 dias de experimento (Figura 2.5). Com 40 dias, o tratamento controle apresentou um elevado índice de conversão alimentar, que foi ocasionado pelo menor consumo e crescimento inexpressivo.

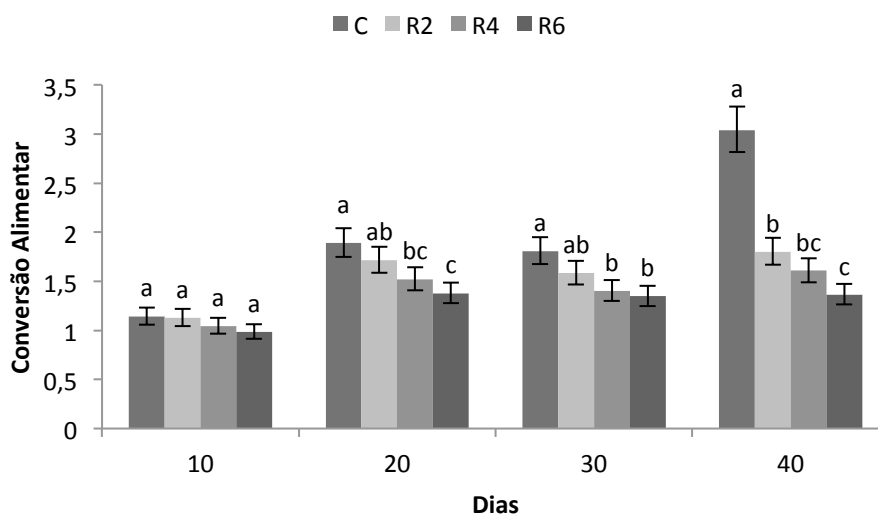


Fig. 2.5. Conversão alimentar (g) dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

Reforçando o resultado obtido nos 40 dias de experimento, na conversão alimentar, a quantidade de alimento ingerido também foi significativamente menor no controle (Figura 2.6)

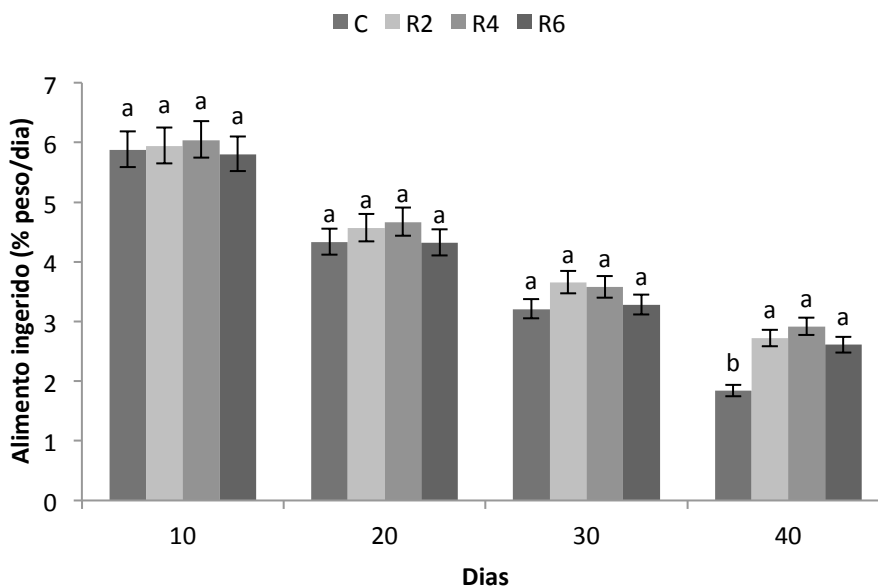


Fig. 2.6. Alimento ingerido (%peso/dia) dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p>0.05$).

O fator de condição seguiu o mesmo padrão do alimento ingerido e, apenas com 40 dias de experimento, o controle apresentou diferença significativa (Figura 2.7).

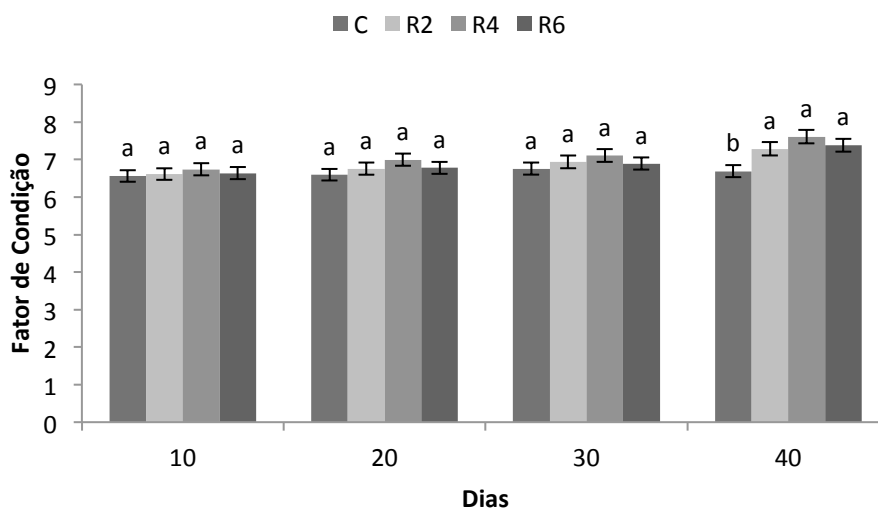


Fig. 2.7. Fator de condição dos juvenis de beijupirá. Letras iguais indicam a falta de diferença significativa ($p > 0.05$).

3.3 Histologia

Todos os fígados analisados apresentaram uma degeneração severa, sendo 100% dos fígados classificados em grau 3, com um núcleo na maioria das vezes imperceptíveis e, quando visíveis, bem perto da parede celular. Quanto aos hepatócitos, todos estavam extremamente cheios. Um detalhe importante é que os fígados do controle apresentavam áreas com algumas partes já apresentando necrose.

4. Discussão

Os bons resultados de sobrevivência indicam que a qualidade de água esteve dentro dos padrões de cultivo para espécie. O excelente desempenho das rações R4 e R6, demonstra que a inclusão desse ingrediente rico em ácidos graxos polinsaturados auxiliou o desempenho do animal. Ao avaliarem o desempenho zootécnico e o comportamento alimentar de tilápias (*Oreochromis*

niloticus), alimentadas com diferentes níveis de suplemento à base de algas, Garcia *et al.* (2009) observaram efeito positivo sobre o ganho de peso. Em outro estudo, conduzido com tilápia (*O. niloticus*), Sarker *et al.* (2015) observaram que a inclusão da *Schizochytrium* sp. em dietas aumentou o teor de ácidos graxos poliinsaturados corporal, principalmente o DHA e afirmaram que essa alga pode ser utilizada em substituição ao óleo de peixe.

A alta taxa de crescimento específico no início do experimento está relacionada ao tamanho do animal, que apresenta valores mais elevados na fase inicial. As diferenças significativas no final do experimento do alimento ingerido e fator de condição sugerem que a possível menor concentração de ácidos graxos polinsaturados estava começando a afetar a sanidade do animal. Esses mesmos índices não apresentaram diferenças significativas nas outras biometrias, descartando, assim, uma possível menor palatabilidade da ração sem a farinha de alga.

Baixa palatabilidade e a ingestão reduzida de ração foram observadas nas dietas de bacalhau (*Gadus morhua*), na qual houve uma substituição de 30% da farinha de peixe por farinha de algas (WALKER e BERLINSKY, 2011). No caso do presente trabalho, a maior substituição foi de apenas 6%.

Resultados insatisfatórios para conversão alimentar (3-5,8) também foram encontrados por Lunger *et al.* (2006) em dietas com altos níveis de substituição da farinha de peixe. Provavelmente, uma menor quantidade de ácidos graxos polissaturados ocasionou esse problema. Resultado semelhante foi encontrado no controle do quadragésimo dia do presente trabalho, quando esses mesmo autores também observaram uma redução no ganho de peso.

As dietas com as maiores inclusões, além de apresentarem os melhores ganhos de peso também apresentaram baixas conversões alimentares. Li *et al.* (2009), trabalhando com a mesma espécie de alga para fabricação de dietas para o bagre-americano (*Ictalurus punctatus*), concluíram que a utilização de 1,5% aumentou o ganho de peso e diminuiu a conversão.

O efeito positivo da inclusão de *Schizochytrium* sp. em dietas também foi relatado por Hoestenbergh *et al.* (2014), que, trabalhando com juvenis de perca (*Scortum Barcoo*), verificaram que a mistura de óleo de linhaça com a

Schizochytrium sp., proporcionou um maior ganho de peso e uma melhoria na conversão alimentar desses animais. Miller *et al.* (2007), avaliando a influência de diferentes fontes de óleo (óleo de peixe, óleo de pala e *Schizochytrium* sp.) no desempenho zootécnico de juvenis de salmão do Atlântico (*Salmo salar* L), concluíram que não houve diferença no desempenho, mas ocorreu um incremento de DHA na carcaça do animal alimentado com a alga.

Assim como em outros experimentos, a inclusão da farinha de algas apresentou, em sua maioria, uma melhora nos índices zootécnicos dos animais. Da presente pesquisa pode-se concluir que a inclusão da farinha de alga na dieta de juvenis de beijupirá foi extremamente satisfatória, recomendando-se a inclusão de 4 ou 6%.

CONCLUSÃO

Do protocolo alimentar e nutricional que foi testado, ficou bastante claro que a hipótese de restringir alimento para juvenis de beijupirá, esperando que eles apresentem um ganho compensatório, é completamente nula.

Os resultados do primeiro experimento deixaram claro que juvenis de beijupirá, quando submetidos a qualquer restrição alimentar, vão apresentar perdas significantes no peso e não vão apresentar ganho compensatório quando as condições normais forem estabelecidas.

Já o protocolo nutricional testado no segundo experimento, que consistiu em testar diferentes inclusões de farinha de alga na dieta do beijupirá, foi extremamente satisfatório, pois os peixes submetidos às dietas com maior nível de inclusão (4 e 6%) apresentaram excelentes índices zootécnicos.

Também é possível concluir que investigações mais profundas acerca do fígado do beijupirá devem ser realizadas, para avaliar até onde as dietas comerciais influenciam em sua sanidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCC, 2010. **Associação Brasileira dos Criadores de Camarão**. Histórico da carcinicultura no Brasil. Disponível em: <<http://www.abccam.com.br/>>. Acesso em: 20 ago. 2017.

ABRIL, R.; GARRETT, J.; ZELLER, S.G.; SANDER, W.J.; MAST, R.W. **Safety assessment of DHA-rich microalgae from Schizochytrium sp. Part V: target animal safety/toxicity study in growing swine**. Regulatory Toxicology and Pharmacology. N. 37, p. 73-82, 2003.

ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R. J. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish and Fisheries**. V. 4, p. 147-190, 2003.

ARNOLD, C.R., KAISER, J.B., HOLT, G.J., 2002. **Spawning of cobia *Rachycentron canadum* in captivity**. Journal of the World Aquaculture Society 33, p. 205-208.

ASHFORD, A.; BARCLAY, W.R.; WEAVER, C.A.; GIDDINGS, T.H.; ZELLER, S. **Electron microscopy may reveal structure of docosahexaenoic acid-rich oil within Schizochytrium sp.**. Lipids, v. 35, n. 12, 2000.

BARCLAY, W.; ABRIL, R.; ABRIL, P.; WEAVER, C.; ASHFORD, A. **Production of docosahexaenoic acid from microalgae and its benefits for use in animal feeds**. The Return of ω 3 Fatty Acids into the Food Supply. I. Land-Based Animal Food Products and Their Health Effects. Simopoulos, A.P., (ed.), p. 61, Karger, Basel, 1998.

BARCLAY, W.; ZELLER, S. Nutritional enhancement of n-3 and n-6 fatty acids in rotifers and artemia nauplii by feeding spray-dried *Schizochytrium* sp.. **Journal Of The World Aquaculture Society**. V. 27, n. 3, 1996.

Bavčević, L., Klanjšček, T., Karamarko, V., Aničić, I., Legović, T., 2010. Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight, but not length. **Aquaculture** **301**, p. 57–63, 2010.

BOWZER, J., & TRUSHENSKI, J. (2014). Growth Performance of Hybrid Striped Bass, Rainbow Trout, and Cobia Utilizing Asian Carp Meal-Based Aquafeeds. **North American Journal of Aquaculture**. V. 1, n. 77, p. 59-67.

CAVALLI, L., CHAPPAZ, R., BOUCHARD, P., BRUN, G., 1997. Food availability and growth of the brook trout, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), in a French Alpine lake. **Fish. Manage. Ecol.** V. 4, p. 167–177.

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**. V. 40, p. 155-164, 2011.

CERQUEIRA, V.R. 2005. Cultivo de peixes marinhos. In: BALDISSEROTO, B. e GOMES, L.L. (ed.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: Editora UFSM, p. 369-406.

CHAPPAZ, R., OLIVART, G., BRUN, G., 1996. Food availability and growth rate in natural populations of the brown trout (*Salmo trutta*) in Corsican streams. **Hydrobiology** **331**, p. 63–69.

CHOU, R.L., SU, M.S., CHEN, H.Y., 2001. Optimal dietary protein and lipid levels for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture** **193**, p. 81-89.

COMPTON, T. J. et al. Thermal tolerance ranges and climate variability: A comparison between bivalves from differing climates. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. N. 352, 2007, p. 200-211.

DITTY, J.G., SHAW, R.F., 1992. Larval development, distribution, and ecology of cobia *Rachycentron canadum* (Family: Rachycentridae) in the northern Gulf of Mexico. **Fish. Bull.** V. 90, p. 668–677.

EPAGRI, 2014. **Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina**. Síntese Informativa da Maricultura 2014. Disponível em: <<http://www.epagri.sc.gov.br>>. Acesso em: 21 ago. 2017.

FAO, 2016. **The State of World Fisheries and Aquaculture**. 2016. Rome.

FAULK C.K. e HOLT G.J. 2003. Lipid nutrition and feeding of cobia *Rachycentron canadum* larvae. **Journal of the World Aquaculture Society** **34**, p. 368-378.

FEDOROVA-DAHMS, I.; MARONE, P.A.; BAUTER, M.; RYAN, A.S. **Safety evaluation of DHA-rich Algal Oil from Schizochytrium sp.** Food and Chemical Toxicology. N 49, p. 3310-3318, 2011.

FRANKS, J.S., GARBER, N.M., WARREN, J.R., 1996. Stomach contents of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, from the Northern Gulf of Mexico. **Fish. Bull.** N. 94, p. 374–380.

FRANKS, J.S.; OGLE, J.T.; LOTZ, J.M.; NICHOLSON, L.C.; BARNES, D.N.; LARSEN, K.M. **Spontaneous spawning of cobia, *Rachycentron canadum***, induced by human chorionic gonadotropin (HCG), with comments on fertilization, hatching, and larval development. Proceedings of the Gulf and Caribbean Fisheries Institute, n. 52, p. 598-609, 2001.

FRASER, T.W.K.; DAVIES, S.J. Nutritional requirements of cobia, *Rachycentron canadum* (Linnaeus): a review. **Aquac. Res.**, v. 40, p. 1219-1234, 2009.

FU, S. *et al.* **The effects of fasting on the metabolic interaction between digestion and locomotion in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis*)**. Comparative Biochemistry and Physiology, Part A., n. 158, p. 498-505, 2011.

GANUZA, E.; BENÍTEZ-SANTANA, T.; ATALAH, E.; VEGA-ORELLANA, O.; GANGA, R.; IZQUIERDO, M.S. *Crypthecodinium cohnii* and *Schizochytrium sp.* as potential substitutes to fisheries-derived oils from seabream (*Sparus aurata*) microdiets. **Aquaculture**. **277**, p. 109-116. 2008.

GAO, Y. et al. Body composition and compensatory growth in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* under different feeding intervals. **Chinese Journal of Oceanology and Limnology**. V. 33, n. 4, p. 945-956, 2015.

GARAMI, A. et al. Fasting hypometabolism and refeeding hyperphagia in rats: Effects of capsaicin desensitization of the abdominal vagus. **European Journal of Pharmacology**. N. 644, p. 61-66, 2010.

GARCIA, F.; ABIMORAD, E.G.; SCHALCH, S.H.C.; ONAKA, E.M.; FONSECA, F.S. Desempenho produtivo de tilápias alimentadas com suplemento alimentar à base de algas. **Bioikos**. Campinas, v. 23, n. 2, p. 83-89, 2009.

HAKIM A.R. The potential of heterotrophic microalgae (*Schizochytrium sp.*) as source of DHA. **Squalen**. V. 7, n. 1, p. 29-38, p. 2012.

HAMMOND, B.G.; MAYHEW, D.A.; NAYLOR, M.W.; RUECKER, F.A.; MAST, R.W.; SANDER, W.J. **Safety assessment of DHA-rich microalgae from *Schizochytrium sp.*** I. Subchronic rat feeding study. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*. V. 33, p. 192-204, 2001.

HAYWARD, R.S., NOLTIE, D.B., WANG, N., 1997. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. **Trans. Am. Fish. Soc.** V. 126, p. 316-322.

HEIDE, A., FOSS, A., STEFANSSON, S.O., MAYER, I., NORBERG, B., ROTH, B., JENSSEN, M.D., NORTVEDT, R., IMSLAND, A.K., 2006. Compensatory growth and fillet crude composition in juvenile Atlantic halibut: effects of short term starvation periods and subsequent feeding. **Aquaculture** **261**, p. 109-117.

HERNÁNDEZ-PÉREZ, A; LABBÉ, J.I. Microalgas, cultivo y beneficios. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. V. 49, n. 2, p. 157-173, 2014.

HOESTENBERGHE, S.V.; FRANSMAN, C.; LUYTEN, T.; VERMEULEN, D.; ROELANTS, I.; BUYSSENS, S.; GODDEERIS, B.M. Schizochytrium as a replacement for fish oil in a fishmeal free diet for jade perch, *Scortum barcoo* (McCulloch & Waite). **Aquaculture Research**, p. 1-14, 2014.

HOLT, G.J., FAULK, C.K., SWARCHZ, M.H., 2007. A review on larval culture of cobia, *Rachycentron canadum*, a warm water marine fish. **Aquaculture** **268**, p. 181–187.

HUMASON G. L. Animal Tissue Techniques. W. H. **Freeman and Company**, San Francisco, 1972.

KAMLANGDEE, N.; FAN, K.W. Polyunsaturated fatty acids production by *Schizochytrium* sp. isolated from mangrove. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**. V. 5, n. 25, p. 643-650, 2003.

LIAO, I.C., SU, H.M., CHANG, E.Y., 2001. **Techniques in finfish culture in Taiwan**. *Aquaculture*, p. 2001–31.

LIKNES, E. T.; SWANSON, D. L. Phenotypic flexibility of body composition associated with seasonal acclimatization in passerine birds. **Journal of Thermal Biology**. N. 36, p. 363-370, 2011.

LI, M.H.; ROBINSON, E.H.; TUCKER, C.S.; MANNING, B.B.; KHOO, L. Effects of dried algae *Schizochytrium* sp., a rich source of docosahexaenoic acid, on growth, fatty acid composition, and sensory quality of channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Journal Aquaculture**, p.232–236, 2009.

LUNGER, A.N.; McLEAN, E.; CRAIG, S.R. The effects of organic protein supplementation upon growth feed conversion and texture quality parameters of juvenile coho (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**. V. 264, p. 342-352, 2007.

LUO, Y., AI, Q., MAI, K., ZHANG, W., XU, W., & ZHANG, Y. (2012). **Effects of dietary rapeseed meal on growth performance , digestion and protein metabolism in relation to gene expression of juvenile coho (*Rachycentron canadum*)**. *Aquaculture*. N. 369, p. 109–116.

LUYING, Z.; XUECHENG, Z.; XUEYING, R.; QINGHUA, Z. Effects of culture conditions on growth and docosahexaenoic acid production from *Schizochytrium limacinum*. **Journal of Ocean University of China**. V. 7, n. 1, p. 83-88, 2008.

MCFADZEN, I.R.B., COOMBS, S.H., HALLIDAY, N.C., 1997. Histological indices of the nutritional condition of sardine, *Sardina pilchardus* (Walbaum) larvae of the north coast of Spain. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** **212**, p. 239–258.

MILLER, M.R., Nichols, P.D., Carter, C.G., 2007. Replacement of fish oil with thraustochytrid Schizochytrium sp. L. oil in Atlantic salmon parr (Salmo salar L) diets. *Comp. Biochem. Physiol. Part A* **148**, p. 382–392.

MINER, B. G. et al. Ecological consequences of phenotypic plasticity. **TRENDS in Ecology and Evolution**. V. 12, n. 12, 685-692, 2005.

MORSHEDI, V. et al. Compensatory growth in sub-yearling Siberian sturgeon, *Acipenser baerii* Brandt, 1869: Effects of starvation and refeeding on growth, feed utilization and body composition. **Journal of Applied Ichthyology**. N. 29, p. 978-983, 2013.

NAYA, D. E. *et al.* The effect of short- and long-term fasting on digestive and metabolic flexibility in the Andean toad, *Bufo spinulosus*. **The Journal of Experimental Biology**. N. 212, p. 2167-2175, 2009.

NAVARRO, I.; GUTIÉRREZ, J.; Fasting and starvation. In: Hochachka, P. W.; MOMMSEN, T. P. (eds) **Biochemistry and molecular biology of fishes**. Elsevier, Amsterdam, p. 393-434, 1995.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 5 ed. W. H. Freeman, 2008.

NIKKI, J., PIRHONEN, J., JOBLING, M., KARJALAINEN, J., 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. **Aquaculture** **235**, p. 285–296.

ORIZAOLA, G.; DAHL, E.; LAURILA, A. Compensatory growth strategies are affected by the strength of environmental time constraints in anuran larvae. **Oecologia**. N. 174, p. 131-137, 2014.

PERES, H.; SANTOS, S.; OLIVA-TELES, A. Lack of compensatory growth response in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juvenile following starvation and subsequent refeeding. **Aquaculture**. N. 318, p. 384-388, 2011.

PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; CARDENETE, G.; HIDALGO, M. C.; GARCÍA-ALCÁZAR, A.; ABELLÁN, E.; MORALES, A. E. Metabolic adjustments of *Dentex dentex* to prolonged starvation and refeeding. **Fish Physiology Biochem.** N. 38, p. 1145-1157, 2012.

PURCHASE, C.F., BROWN, J.A., 2001. Stock-specific changes in growth rates, food conversion efficiencies, and energy allocation in response to temperature change in juvenile Atlantic cod. *J. Fish Biol.* N. 58, p. 36–52.

RESLEY, M.J.; WEBB Jr., K.W.; HOLT, J.G. Growth and survival of juvenile cobia, *Rachycentron canadum*, at different salinities in a recirculating aquaculture system. **Aquaculture**. V. 253 , p. 398-407, 2006.

RIOS, F. S. et al. Changes in gut gross morphology of traíra *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Erythrinidae) during long-term starvation and after refeeding. **Brazilian Journal of Biology**. V. 3B, n. 64, p. 683-689, 2004.

SAMPAIO, L.A.; TESSER, M.B.; WASIELESKY-JR, W. Avanços da maricultura na primeira década do século XXI: piscicultura e carcinocultura marinha. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v. 39, supl., p. 102-111, 2010.

SANCHES, E.G.; HENRIQUES, M.B.; FAGUNDES, L.; SILVA, A.A. 2006 Viabilidade econômica do cultivo da garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*) em tanques-rede, região Sudeste do Brasil. **Informações Econômicas**. São Paulo, v. 8, n. 36, p. 15-25.

SARGENT, J.R., BELL, J.G., BELL, M.V., HENDERSON, R.J., TOCHER, D.R., 1995. Requirement criteria for essential fatty acids. **J. Appl. Ichthyol**. V. 11, p. 183–198.

SARKER, P.K.; GAMBLE, M.M.; KELSON, S.; KAPUSCINSKI, A.R. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) show high digestibility of lipid and fatty acids from marine *Schizochytrium* sp. and of protein and essential amino acids from freshwater *Spirulina* sp. feed ingredients. **Aquaculture Nutrition**, p. 1-11, 2015.

SCHWARZ, F.J., PLANK, J., KIRCHGESSNER, M., 1985. Effects of protein or energy restriction with subsequent realimentation on performance parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.). **Aquaculture** **48**, p. 23–33, 1985.

SCHWARZ, M., CRAIG, S.R., MCLEAN, E., MOWRY, D., 2004. **Status of cobia research and production**. Proceedings of the 5th International Conference on Recirculating Aquaculture, Roanoke, VA, USA, p. 115–116. July 22–25.

SECOR, S. M. Physiological responses to feeding, fasting and estivation for anurans. **The Journal of Experimental Biology**. N. 208, p. 2595-2608, 2005.

SHAFFER, R. V. & NAKAMURA, E. L. Synopsis of biological data on the cobia, *Rachycentron canadum* (Pisces: Rachycentridae). *NOAA Technical Report NMFS 82, FAO Fish Synopsis 153*, 1989.

SPOLAORE, P.; JOANNIS-CASSAN, C.; DURAN, E.; ISAMBERT, A. Commercial applications of microalgae. **Journal of Bioscience and Bioengineering**. V. 101, n. 2, p. 87-96, 2006.

SUGIURA, N. Further analysis of the data by Akaike's Information Criterion and the finite corrections. **Communications in Statistics**, Theory and Methods A7, p. 13-26, 1978.

TACON, A. G. J. Standard methods for the nutrition and feeding of farmed fish and shrimp. **Argent Laboratories Press**. Redmond, Washington, USA, 1990.

TAMARU, C. S., AKO, H., PAGUIRIGAN, R., AND PANG, L. Enrichment of *Artemia* for use in freshwater ornamental fish production. **Center for Tropical and Subtropical Aquaculture**. N. 133, 1999.

TIAN, X., QIN, J.G., 2003. A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. **Aquaculture** **224**, p. 169–179.

TRUSHENSKI, J., LAPORTE, J., LEWIS, H., SCHWARZ, M., DELBOS, B., TAKEUCHI, R., & SAMPAIO, L. A. (2011a). Fish Meal Replacement with Soy-derived Protein in Feeds for Juvenile Cobia: Influence of Replacement Level and Attractant Supplementation. **Journal of the World Aquaculture Society**. V. 3, n. 42, p. 435-443.

TRUSHENSKI, J., SCHWARZ, M., LEWIS, H., LAPORTE, J., DELBOS, B., TAKEUCHI, R., & SAMPAIO, L. A. (2011b). Effect of replacing dietary fish oil with soybean oil on production performance and fillet lipid and fatty acid composition of juvenile cobia *Rachycentron canadum*. **Aquaculture Nutrition**. V. 2, n. 17, p. 437–447.

VAN DIJK, P. L. M.; HARDEWIG, I.; HÖLKER, F. Energy reserves during food deprivation and compensatory growth in juvenile roach: the importance of season and temperature. **Journal of Fish Biology**. N. 66, p. 167-181, 2005.

VIGLIANO, F. A.; QUIROGA, M. I.; NIETO, J. M. Adaptaciones metabólicas al ayuno y realimentación em peces. **Rev Ictiol**. V. 10, p. 79-108, 2002.

WALKER, A.B., BERLINSKY, D.L. Effects of partial replacement of fish meal protein by microalgae on growth, feed intake, and body composition of Atlantic cod. *N. Am. J. Aquac.* **73**, p. 76-83, 2011.

WANG, Y., CUI, Y., YANG, Y., CAI, F., 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture* **189**, p. 101–108, 2000.

WEATHERLEY, A. H.; GILL, H. S. **The biology of fish growth**. Academic Press, London, 1987.

WILSON, P. N.; OSBOURN, D. F. Compensatory growth after undernutrition in mammals and birds. *Biological Review*. N. 35, p. 324-363, 1960.

WOITEL, F. R., TRUSHENSKI, J. T., SCHWARZ, M. H., & JAHNCKE, M. L. (2014). More Judicious Use of Fish Oil in Cobia Feeds: I. Assessing the Relative Merits of Alternative Lipids. *North American Journal of Aquaculture*. V. 3, n. 76, p. 222–231.

WON, E. T.; BORSKI, R. J. Endocrine regulation of compensatory growth in fish. *Frontiers in Endocrinology*. V. 4, n. 74, p. 1-13, 2013.

WU, S.T.; Yu, S.T.; Lin, L.P. Effect of culture conditions on docosahexaenoic acid production by *Schizochytrium* sp. S31. *Process Biochemistry*. N. 40, p. 3103-3108, 2005.

ZENG, L. et al. The effects of starvation on digestive tract function and structure in juvenile southern catfish (*Silurus meridionalis* Chen). **Comparative Biochemistry and Physiology**. Part A., n. 162, p. 200-211, 2012.

ZHOU, Q.-C., ZHAO, J., LI, P., WANG, H.-L., & WANG, L.-G. (2011). Evaluation of poultry by-product meal in commercial diets for juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). **Aquaculture**, p. 322-323/122–127.

ZHU, K. et al. Molecular characterization and expression patterns of myogenin in compensatory growth of *Megalobrama amblycephala*. **Comparative Biochemistry and Physiology**. Part B, v. 170, p. 10-17, 2014.

Zhu, X., Cui, Y., Ali, M., Wootton, R.J. Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. **J. Fish Biol.** N. 58, p. 1149–1165, 2001.