



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

DESEMPENHO DA CIOBA, *Lutjanus analis*,
ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO
FONTES PROTÉICAS VEGETAIS EM
SUBSTITUIÇÃO A INGREDIENTES DE
ORIGEM MARINHA

LUIZ EDUARDO LIMA DE FREITAS

FORTALEZA – CE
Julho / 2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS MARINHAS TROPICAIS

DESEMPENHO DA CIOBA, *Lutjanus analis*,
ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO
FONTES PROTÉICAS VEGETAIS EM
SUBSTITUIÇÃO A INGREDIENTES DE
ORIGEM MARINHA

LUIZ EDUARDO LIMA DE FREITAS

Dissertação submetida à Coordenação do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências
do Mar, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre, outorgado pela
Universidade Federal do Ceará

Orientador: Alberto Jorge Pinto Nunes, Ph.D.

FORTALEZA – CE
Julho / 2009

Freitas, Luiz Eduardo Lima de

Desempenho da cioba, *Lutjanus analis*, alimentada com rações contendo fontes protéicas vegetais em substituição a ingredientes de origem marinha

62 páginas.

Dissertação de Mestrado em Ciências Marinhas Tropicais. Universidade Federal do Ceará, Instituto de Ciências do Mar, 2009.

Orientador: Alberto Jorge Pinto Nunes

Palavras chaves: cioba, concentrado protéico de soja, farinha de peixe, *Lutjanus analis*

LUIZ EDUARDO LIMA DE FREITAS

DESEMPENHO DA CIOBA, *Lutjanus analis*,
ALIMENTADA COM RAÇÕES CONTENDO
FONTES PROTÉICAS VEGETAIS EM
SUBSTITUIÇÃO A INGREDIENTES DE
ORIGEM MARINHA

Dissertação submetida á Coordenação do
Programa de Pós-Graduação em Ciências
Marinhas Tropicais do Instituto de Ciências
do Mar, como requisito parcial para
obtenção do título de Mestre, outorgado pela
Universidade Federal do Ceará

Aprovada em ____/____/2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alberto Jorge Pinto Nunes (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Ronaldo Olivera Cavalli
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

Prof. Dr. Marcelo Vinícius do Carmo e Sá
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho às minhas amadas “mães”
M^a.Waldir, **Ana**, Vânia,
Alba, Cássia, Clemilda e Tereza,
pelo amor, educação e por tudo que fizeram por mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, força maior, que permitiu que eu chegasse até aqui estando sempre ao meu lado em todos os momentos, dando-me perseverança e saúde.

À Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP, pela bolsa concedida durante o período do mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo financiamento do presente projeto de pesquisa (nº 476886/2007-4).

Ao professor Alberto Nunes, pelos ensinamentos, paciência, confiança e, principalmente, por ter aceitado o desafio de me orientar neste trabalho.

Aos professores Marcelo Sá e Ronaldo Cavalli, pela participação na banca examinadora e preciosas contribuições para melhoria deste trabalho.

À equipe da Unidade de Estudos em Piscicultura Marinha – UPMAR (Koba, Marcelo, Amaury, Oscar, Diego, Felipe, Micael, André e, em especial, aos irmãos Sidney e Júnior), pela amizade e ajuda durante o desenvolvimento deste projeto.

À equipe do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos – LANOA (Hassan, Antônio Carlos, Sandra e, em especial, ao Otávio e Leandro), pela ajuda na elaboração das dietas, nas análises de água e nos testes de atratopalatabilidade.

À equipe do Centro de Diagnóstico de Enfermidades de Camarões Marinhos – CEDECAM (Cecília, Diego, Filipe e Graça), pela ajuda com as análises histológicas e coleta de material para as análises de hiperplasia muscular.

À “mãe” e professa Tereza Cristina Gesteira, exemplo profissional, pelos conselhos, carinho e permanente presença ao meu lado desde a graduação.

A todos os funcionários do Labomar, em especial ao Trindade (pelo empréstimo do equipamento fotográfico), ao Celso e professor Luiz Parente (pelo apoio administrativo a UPMAR) e ao Raul Madrid (pelas dicas e pelo “empréstimo” do laboratório durante as análises histológicas).

Ao Tasso e ao estuário do rio Jaguaribe, por capturar e fornecer, respectivamente, os juvenis de cioba tão necessários para esse projeto de pesquisa.

Este trabalho jamais seria realizado sem o apoio de diversas pessoas, entre todas elas agradeço:

À minha família (Waldir, Ana Maria, Luiz (*in memorian*), Ana Cláudia, Leila, Mariana e tias Vânia, Bá, Pouquinha, Clemilda e Cássia), que mesmo longe, sempre me incentivaram, apoiaram e deram forças para o meu desenvolvimento profissional.

À Carol, pessoa muito especial, por todo carinho, companheirismo e amizade.

Ao Carlos (*Taliban*), pela ajuda nas revisões de português deste trabalho.

Aos meus grandes amigos e companheiros de labuta, Ricardo Camurça e Tarcísio, por constituírem peças-chave na execução dessa pesquisa, pela ajuda prestada, amizade e incontáveis momentos de descontração.

À torcida organizada Rodrigues, Isabela, Fernanda, Nely, Flora (*Lutjanus terrestris*), professora Beth, Carlos Alberto e Vera (mamãe *diet*), que torceram, rezaram, sofreram e vibraram junto comigo durante a minha caminhada.

Aos meus companheiros de ministério, Mara, Xexéu, Elisa, Guilherme e, em especial, ao Eric (*Pornô*) pela amizade, compreensão e apoio na fase final desse trabalho.

Aos meus amigos Sal, Sérgio, Alexandre, Leozim, Júnior, Pierre, Guilherme (*Psico*), Otávio, Lucas, Ricardinho (*Priney*), Diogenes e Bruno, irmandade do surf que sempre torceram e me apoiaram, sendo fundamentais nos momentos extra-acadêmicos (surf, cervejinha na praia, entre outros).

Aos meus amigos de sala de aula e de Labomar Picolé, Marcionília, Cris, Tchuca, Buda, Belle, Paulinha, Fran, Jana, Janise, Max, Rachel, Miguel, Carlos Hijo e outros que eu tenha me esquecido por tantos momentos especiais vividos nesses últimos anos.

*“Descobri como é bom chegar quando se tem paciência.
E para se chegar, onde quer que seja,
aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão.
É preciso, antes de mais nada, querer.”(Amyr Klink).*

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE APÊNDICES.....	xiv
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	9
3.1 Local de Execução.....	9
3.2 Delineamento Experimental.....	9
3.3 Formulação das Dietas Experimentais.....	11
3.4 Fabricação das Dietas Experimentais.....	16
3.5 Caracterização dos Sistemas de Engorda e de Atrato-Palatabilidade.....	17
3.5.1 Sistema de Engorda.....	17
3.5.1.1 Validação Operacional.....	19
3.5.2 Sistema de Atrato-Palatabilidade.....	19
3.6 Metodologia de Engorda nos Tanques Experimentais.....	20
3.6.1 Obtenção de Juvenis no Meio Natural, Aclimatação e Estocagem..	20
3.6.2 Desmame e Adaptação as Dietas Experimentais.....	21
3.6.3 Alimentação e Manejo do Sistema Experimental de Engorda.....	21
3.6.4 Índices de Desempenho Zootécnico.....	22
3.7 Avaliações de Atrato-Palatabilidade.....	24
3.7.1 Estocagem e Aclimatação.....	24
3.7.2 Parâmetros de Atrato-Palatabilidade.....	25
3.8 Análise Estatística.....	26
4. RESULTADOS.....	27
4.1. Parâmetros de Qualidade de Água.....	27

	Página
4.2 Desempenho Zootécnico da Cioba.....	29
4.2.1 Ganho de Peso Corporal.....	29
4.2.2 Sobrevivência, Crescimento e Produtividade.....	29
4.2.3 Consumo e Eficiência Alimentar.....	33
4.3 Curva de Crescimento e Relações Morfométricas de Juvenis de Cioba....	37
4.4 Atrato-Palatabilidade das Dietas Experimentais.....	37
5. DISCUSSÃO.....	42
5.1 Palatabilidade das Dietas.....	42
5.2 Uso do Concentrado Protéico de Soja (CPS).....	45
5.3 Perfil de Aminoácidos Essenciais das Dietas.....	47
5.4 Desempenho Zootécnico da Cioba.....	48
6. CONCLUSÃO.....	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição e valores centesimais das dietas experimentais utilizadas no estudo.....	12
Tabela 2. Perfil de aminoácidos (g/100 g de dieta, base seca) das dietas experimentais contendo diferentes proporções de substituição de proteína animal marinha por proteína vegetal. Os resultados referem-se a valores analisados em laboratório.....	15
Tabela 3. Variação nos níveis de ortofosfato e compostos nitrogenados (nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal) analisados no sistema experimental de engorda em três períodos de cultivo. Os valores são apresentados como média \pm desvio padrão de um total de 16 tanques com uma replicata. Linhas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dias de cultivo ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD.....	28
Tabela 4. Peso médio corporal (g) de juvenis de cioba, <i>L. analis</i> , alimentados com dietas contendo diferentes proporções de proteína animal marinha e vegetal durante 95 dias de cultivo. Os valores são apresentados como média \pm desvio padrão de um total de 60 peixes. Linhas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD.....	30
Tabela 5. Desempenho zootécnico de juvenis de cioba, <i>L. analis</i> , alimentados com dietas contendo diferentes proporções de proteína animal marinha e vegetal. Os valores são apresentados como média \pm desvio padrão para os resultados finais de quatro tanques de cultivo de 1,0 m ³ . Os peixes foram povoados com peso corporal de 18,4 \pm 4,6 g (<i>n</i> = 240)	

	Página
sob densidade de 15 animais/m ³ . Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD.....	31
Tabela 6. Eficiência alimentar de juvenis de cioba, <i>L. analis</i> , alimentados com dietas contendo diferentes proporções de proteína animal marinha e vegetal. Os valores são apresentados como média \pm desvio padrão para os resultados finais de quatro tanques de cultivo de 1,0 m ³ estocados individualmente com 15 peixes. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD.....	34

LISTA DE FIGURAS

	Página
<p>Figura 1. Delineamento experimental adotado durante o estudo de crescimento com a cioba, <i>Lutjanus analis</i>, empregando-se quatro dietas com proporções distintas de proteína de origem animal e vegetal. M:P_2.0, dieta com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); M:P_1.0, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; M:P_0.5, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; M:P_0.3, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.</p>	10
<p>Figura 2. Sistema experimental de cultivo para engorda de juvenis de cioba, <i>Lutjanus analis</i>.....</p>	18
<p>Figura 3. Consumo alimentar aparente (AFI) da cioba em relação ao horário de alimentação (A, AFI em %) e ao intervalo de cultivo (B, AFI em g). Os valores são apresentados como média ± erro padrão para quatro dietas experimentais. Barras com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre horários de alimentação (A) ou dietas (B) ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD. M:P_2.0, dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); M:P_1.0, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; M:P_0.5, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; M:P_0.3, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.....</p>	36
<p>Figura 4. Curvas de crescimento para juvenis de cioba, <i>L. analis</i>, alimentados por 95 dias com quatro dietas com relações decrescentes de proteína marinha animal em relação à vegetal (A). Relação peso (g) e comprimento (cm) de 240 juvenis de cioba plotada com base em dados de cinco</p>	

	Página
biometrias realizadas ao longo de 95 dias de cultivo (B). M:P_2.0 , dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); M:P_1.0 , dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; M:P_0.5 , dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; M:P_0.3 , dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.....	39
Figura 5. Tempo de aproximação (A, em segundos), frequência de visitas (B, em %) e número de <i>pellets</i> consumidos (B) por juvenis de cioba quando exposto simultaneamente a quatro dietas experimentais com diferentes proporções de proteína marinha animal e vegetal. Barras com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste <i>a posteriori</i> de Tukey HSD. M:P_2.0 , dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); M:P_1.0 , dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; M:P_0.5 , dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; M:P_0.3 , dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.....	42

LISTA DE APÊNDICES

	Página
APÊNDICE A. Seqüência do processo fabricação das dietas experimentais. A, pesagem dos ingredientes; B, mistura em batedeira; C, incorporação de ingredientes líquidos; D, adição de água quente; E, cozimento a vapor; F, peletização; G, secagem; H, produto acabado, I, estocagem.....	61
APÊNDICE B. Sistemas de engorda e cd atrato-palatabilidade utilizados nos estudos com a cioba. A, tanques experimentais de engorda de 1.000 l; B, visão dos tanques de 500 l empregados nas avaliações de atrato-palatabilidade das dietas; C, posicionamento das bandejas de alimentação no tanque de 500 l D; posicionamento da câmara digital durante filmagens comportamentais.....	62

RESUMO

Os vermelhos pertencentes à família Lutjanidae, encontrados em águas tropicais e subtropicais de todo o mundo, são considerados potenciais candidatos para aquicultura. Entre os lutjanídeos, a cioba (*Lutjanus analis*) é tida como uma das melhores opções para o cultivo por possuir alto valor de mercado, se adaptar rapidamente ao cativeiro e aceitar facilmente dietas artificiais. O presente estudo avaliou o crescimento de juvenis de cioba [peso médio $18,4 \pm 4,6$ g ($n = 300$)] cultivados por 95 dias alimentados com quatro dietas isocalóricas e isoprotéicas. As dietas foram formuladas com as proporções de 2,02:1,00 (dieta **M:P_2.0**), 1,03:1,00 (dieta **M:P_1.0**), 0,51:1,00 (dieta **M:P_0.5**) e 0,27:1,00 (dieta **M:P_0.3**) de proteína de origem animal marinha (M) e ingredientes de origem vegetal (P). No estudo, o concentrado protéico de soja (CPS) foi o substituto principal da farinha de peixe (FP). O trabalho foi dividido em duas etapas. A primeira avaliou o desempenho zootécnico dos animais e a segunda, analisou a atrato-palatabilidade das dietas experimentais. A substituição da FP por CPS causou um efeito deletério sobre o desempenho dos animais, em particular quando a proteína marinha animal e a vegetal correspondiam a 62,9% e 17,1% do total da dieta, respectivamente (dieta **M:P_0.3**). Na despesca, os peixes alimentados com a dieta **M:P_0.3** alcançaram $54,9 \pm 13,2$ g de peso médio corporal significativamente menor quando comparado com $76,5 \pm 14,0$ g, $73,9 \pm 13,8$ g e $70,5 \pm 14,0$ g obtido com os peixes alimentados com as dietas **M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5**, respectivamente ($P < 0,05$). Estas últimas dietas alcançaram um desempenho similar ($P > 0,05$). Igualmente, a produtividade caiu de forma significativa, de 891 ± 36 para uma média de 1.099 ± 111 g/m³, quando os animais foram alimentados com a dieta **M:P_0.3** em relação às demais ($P < 0,05$). Ao final do estudo, a cioba alcançou um máximo ganho de peso corporal de $0,60 \pm 0,05$ g/dia e uma máxima taxa de crescimento específico de $1,47 \pm 0,07$ %/dia quando foi alimentada com a dieta **M:P_2.0**. O consumo alimentar aparente (AFI) reduziu na medida em que se elevou a substituição de proteína marinha animal por proteína de origem vegetal nas dietas. Porém, houve diferença significativa apenas quando o AFI da dieta **M:P_0.3** foi comparado com as dietas **M:P_2.0** e **M:P_1.0** ($P < 0,05$). Contudo, a cioba consumiu proporcionalmente mais a dieta **M:P_2.0** em relação às demais, sendo o AFI mais elevado em 6, 15 e 33% para **M:P_2.0**

comparado a **M:P_1.0**, **M:P_0.5** e **M:P_0.3**, respectivamente. Não houve diferença significativa para o fator de conversão alimentar (FCA) e taxa de retenção protéica entre as dietas ($P > 0,05$), tendo sido alcançado uma média de $1,85 \pm 0,06$ e $1,47 \pm 0,07\%/dia$, respectivamente. O estudo de atrato-palatabilidade revelou que a perda no desempenho zootécnico observada entre os peixes quando alimentados com altos teores de proteína vegetal foi resultado da diminuição do consumo alimentar ocasionado pela redução da palatabilidade. As dietas **M:P_0.5** e **M:P_0.3**, contendo 52,2 e 62,9% de proteína vegetal, respectivamente, registraram menor consumo e frequência de visita as bandejas de alimentação, parâmetros indicadores de palatabilidade. Em geral, as dietas com até 52,2% (dieta **M:P_0.5**) de contribuição relativa de proteína bruta vegetal alimentada para cioba estocada sob 15 ind./m³ permitiu um desempenho próximo ao alcançado em outros trabalhos com a espécie.

Palavras chave: cioba, concentrado protéico de soja, farinha de peixe, *Lutjanus analis*

ABSTRACT

Snappers belong to the Lutjanidae family, found in tropical and sub-tropical waters worldwide, and are considered potential candidates for aquaculture. Among the several species, the mutton snapper (*Lutjanus analis*) is one of the best options for culture due to its high market value, adaptability to confined conditions and acceptance to artificial food. The present study evaluated the growth of juvenile snappers [$18,4 \pm 4,6$ g mean body weight ($n = 300$)] fed four isoenergetic and isonitrogenous diets over 95 days. Diets were formulated to contain the following ratios of marine animal versus plant protein (P): 2.02:1.00 (diet **M:P_2.0**), 1.03:1.00 (diet **M:P_1.0**), 0.51:1.00 (diet **M:P_0.5**) and 0.27:1.00 (diet **M:P_0.3**). Soybean protein concentrate (SPC) was the main replacer of fish meal (FM). The work was divided into two stages. The first stage evaluated fish growth performance while the second analyzed diet attractiveness and palatability. The replacement percentages of FM for SPC led to a negative impact over fish performance, particularly when marine animal and plant protein corresponded to 62.9% and 17.1% of the total diet protein content, respectively (diet **M:P_0.3**). At harvest, fish fed diet **M:P_0.3** attained 54.9 ± 13.2 g mean body weight significantly lower when compared to 76.5 ± 14.0 g, 73.9 ± 13.8 g and 70.5 ± 14.0 g achieved with fish fed diets **M:P_2.0**, **M:P_1.0** and **M:P_0.5**, respectively ($P < 0.05$). Fish fed the latter diets achieved a similar performance ($P > 0.05$). Similarly, fish yield dropped significantly, from 891 ± 36 under treatment **M:P_0.3** to an average of $1,099 \pm 111$ g/m³ for remainder diets ($P < 0.05$). In the end of the study, the mutton snapper achieved a maximum body weight gain of 0.60 ± 0.05 g/day and a maximum specific growth rate of 1.47 ± 0.07 %/day when fed diet **M:P_2.0**. Apparent feed intake (AFI) reduced as replacement of marine animal for plant protein increased in diets. Statistical differences in AFI were only observed when diet **M:P_0.3** was compared to diets **M:P_2.0** and **M:P_1.0** ($P < 0.05$). However, proportionally the mutton snapper fed more on diet **M:P_2.0** compared to the others, as AFI was 6, 15 and 33% higher for **M:P_2.0** in relation to **M:P_1.0**, **M:P_0.5** and **M:P_0.3**, respectively. There was no significant statistical difference for food conversion ratio (FCR) and rate of protein retention among the different diets ($P > 0.05$; mean of 1.85 ± 0.06 and 1.47 ± 0.07 %/day, respectively). Data on diet attractiveness and palatability revealed that the loss in growth performance when fish were

fed high plant protein levels were the result of a decline in feed intake led by reduced diet palatability. Diets **M:P_0.5** and **M:P_0.3** containing 52.2 and 62.9% of plant protein, respectively, recorded the lowest number of pellets consumed and frequency of visits to feeding trays, parameters indicative of diet. In general, diets with up to 52.2% (diet **M:P_0.5**) plant protein relative total diet protein contribution fed to mutton snapper stocked at 15 animals/m³ allowed a growth performance near to other works conducted with the same species.

Keywords: mutton snapper, soy protein concentrate, fish meal, *Lutjanus analis*

1. INTRODUÇÃO

A piscicultura marinha¹ tem se caracterizado como uma atividade promissora, geradora de proteína de alta qualidade, contribuindo com 3% da produção aquícola mundial, equivalente a 20 milhões de toneladas em 2006 (FAO, 2009). O cenário de crescimento dessa atividade é otimista, uma vez que grande parte dos estoques naturais de peixes marinhos encontra-se sobreploados e não tem conseguido atender a crescente demanda por este tipo de produto. Algumas espécies como a arabaiana (*Seriola quinqueradiata*), a dourada (*Sparus aurata*) e os robalos japoneses (*Lateolabrax japonicus*) e europeu (*Dicentrarchus labrax*), antes capturadas, são hoje cultivadas em cativeiro e comercializadas a preços elevados.

Apesar das perspectivas positivas, a piscicultura marinha tem enfrentado alguns desafios para alavancar seu crescimento. Grande parte das espécies cultivadas e com perspectivas para o cultivo é carnívora, necessitando de dietas com alto teor protéico, geralmente a base de proteína marinha derivada de peixes pelágicos capturados (SHAPAWI *et al.*, 2007). Em 2006, o cultivo de peixes marinhos² utilizou 663 mil toneladas de farinha de peixe, o segundo maior consumo entre todos os segmentos de produção aquícola (TACON & METIAN, 2008). Com isto, a sustentabilidade em longo prazo desta atividade pode estar ameaçada devido à atual dependência por este insumo.

Essa situação tem levado a esforços na busca por ingredientes análogos a farinha de peixe, tanto em termos de custo monetário como características nutricionais. Uma grande variedade de subprodutos vegetais e derivados do abate de animais terrestres vem sendo testados em dietas para peixes. Entre as fontes protéicas de origem vegetal, o concentrado protéico de soja (CPS) é visto como uma das melhores opções para substituição da farinha de peixe em dietas para organismos aquáticos, por ser um produto com alto teor protéico (CHENG *et al.*, 2004), possuir um perfil de aminoácidos adequado (LOVELL, 1988) e baixos níveis de fatores antinutricionais (GATLIN *et al.*, 2007). Além

¹Não inclui espécies cultivadas de peixes diádomos (salmão: *Salmo salar*, *Oncorhynchus kisutch*, *O. tshawytscha*; e, truta: *Oncorhynchus mykiss*, *Salvelinus fontinalis*, *Salmo trutta*)

²*Seriola quinqueradiata*, *Lateolabrax japonicus*, *Sparus aurata*, *Pagrus auratus*, *Larimichthys croceus*, *Bothidae*, *Dicentrarchus labrax*, *Sciaenops ocellatus*, *Paralichthys olivaceus*, *Sebastes schlegeli*, *Tetraodontidae*, *Rachycentron canadum*, *Schuettea scalaripinnis*, *Gadus morhua*, *Psetta maxima*, etc.

disso, diversos estudos realizados com diferentes espécies de peixes marinhos têm mostrado que o CPS possui digestibilidade aparente similar ao da farinha de peixe (BERGE *et al.*, 1999; DAY & PLASCENCIA-GONZÁLEZ, 2000; REFSTIE *et al.*, 2001).

Os resultados obtidos por Kaushik *et al.* (1995) com a truta arco-íris foram bastante otimistas, uma vez que o concentrado protéico de soja (CPS) substituiu totalmente a farinha de peixe, sem resultar um efeito deletério no crescimento e na utilização de nutrientes pela espécie. Em outros estudos com a mesma espécie, o percentual de substituição chegou até 50% sem prejuízos a ingestão ou ao desempenho zootécnico (STICKNEY *et al.*, 1996; MAMBRINI *et al.*, 1999). Em dietas para o linguado europeu, Day & Plascencia-González (2000) também alcançaram uma substituição de 50% da farinha de peixes pelo CPS, sem comprometimento da ingestão e eficiência alimentar.

Entre os fatores limitantes de uma substituição elevada da farinha de peixe pelo concentrado protéico de soja estão à perda de palatabilidade e a queda nos níveis de metionina e lisina nas dietas (KISSIL *et al.*, 2000; TAKAGI *et al.*, 2001). Como solução para tais problemas, recomenda-se respectivamente, a inclusão de atratores alimentares e uma suplementação com aminoácidos sintéticos. Isto visa promover uma maior palatabilidade e um equilíbrio no perfil de aminoácidos em dietas a base de concentrado protéico de soja. O alto custo monetário do CPS frente a outras fontes protéicas também constitui um obstáculo para sua ampla utilização em dietas para peixes (GATLIN *et al.*, 2007). Entretanto, a expansão de estudos sobre o uso do CPS em dietas de outras espécies de peixes marinhos pode favorecer um aumento da produção e a redução do custo monetário desse insumo.

Os vermelhos pertencentes à família Lutjanidae, encontrados em águas tropicais e sub-tropicais de todo mundo (MILLER, 2003), são considerados potenciais candidatos para a aqüicultura (TUCKER & JORY, 1991; FAO, 1994). Entre os lutjanídeos, a cioba (*Lutjanus analis*), objeto de estudo do presente estudo, é tida como uma das melhores opções para o cultivo (WATANABE *et al.* 1998; BENETTI *et al.* 2001) por apresentar alto valor de mercado, se adaptar ao cativeiro e aceitar rapidamente dietas artificiais (WATANABE *et al.*, 2005). A espécie possui ampla distribuição, ocorrendo no Oceano Atlântico Ocidental, desde a costa da Nova Inglaterra, EUA até o sudeste do Brasil, incluindo as Bahamas e o Golfo do México (WATANABE, 2001). Quanto ao hábito

alimentar, a cioba é carnívora, sendo os componentes mais importantes de sua dieta os crustáceos e os peixes, muitas vezes perfazendo mais de 70% do seu conteúdo estomacal (RANDALL, 1967).

Projeções realizadas por alguns estudos têm ressaltado o potencial de criação da cioba em cativeiro, indicando que esta poderia atingir pesos superiores a um quilo em um ano de cultivo (BENETTI *et al.*, 2002). Tais resultados foram alcançados com rações comerciais formuladas para outras espécies de peixes marinhos podendo induzir a resultados diferentes aos do verdadeiro potencial da espécie. Um dos poucos estudos utilizando dietas voltadas para o *L. analis* foi o realizado por Watanabe *et al.* (2001). Os autores avaliaram os efeitos de diferentes níveis de lipídeos e de relações de proteína: energia em juvenis de cioba. A escassez de dados referente às exigências nutricionais da cioba, entre outros problemas, tem dificultado a formulação de dietas economicamente viáveis que atendam adequadamente as necessidades nutricionais e permitam o cultivo comercial do *L. analis*.

Considerando o elevado potencial de cultivo da espécie e a atual carência de conhecimentos sobre as exigências nutricionais da espécie, a presente pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho de juvenis de *L. analis* alimentados com dietas contendo variados níveis de substituição de proteína de origem marinha por ingredientes protéicos de origem vegetal. Além de analisar o concentrado protéico de soja como potencial substituto da farinha de peixe, o estudo determinou os níveis mais adequados de inclusão deste ingrediente em dietas para cioba em termos de desempenho zootécnico e nutricional e de atrato-palatabilidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Diferentemente de países da Europa e da Ásia, onde o cultivo de peixes marinhos é bem estruturado e lucrativo, no Brasil, essa prática ainda não se desenvolveu, estando limitada a pontuais e improvisadas tentativas de criação, contribuindo com uma porção insignificante na produção de pescado (CAVALLI & HAMILTON, 2007).

Vários problemas são apontados como responsáveis pelo atraso da evolução da piscicultura marinha no Brasil. Entre estes, a falta de produção de alevinos em larga escala (OSTRENSKY *et al.*, 2008) e a inexistência de rações comerciais adequadas para os diferentes estágios (larvas, juvenis e adultos) de peixes marinhos tropicais (TESSER & SAMPAIO, 2006). Esses fatores estão diretamente relacionados à carência de conhecimento em aspectos básicos da biologia e do comportamento das espécies nativas. A escassez de estudos enfocando tais aspectos tem impedido o desenvolvimento e o controle de técnicas de cultivo, dificultando o estabelecimento de protocolos confiáveis de produção.

As excepcionais condições para a piscicultura marinha no Brasil, como a privilegiada extensão litorânea ($\approx 8,5$ mil km), as excelentes condições naturais e a ocorrência de espécies com potencial, aliadas a ações do governo federal, que tem incentivado a diversificação de espécies da maricultura, têm despertado o interesse de produtores e pesquisadores para a criação desses organismos.

Ainda não há consenso sobre quais espécies de peixes marinhos devem ser pesquisadas e conseqüentemente produzidas no Brasil, porém várias espécies nativas são tidas como promissoras como o beijupirá (*Rachycentron canadum*), os robalos (*Centropomus* spp.) e os vermelhos (*Lutjanus* spp.; CAVALLI & HAMILTON, 2007).

A cioba, *Lutjanus analis*, possui ampla distribuição no litoral brasileiro, ocorrendo em áreas da plataforma continental, não sendo encontrada nas ilhas oceânicas brasileiras (FLOETER & GASPARINI, 2000). A espécie é considerada um dos mais saborosos peixes marinhos, sendo classificada como de primeira qualidade. Os altos preços de comercialização de alguns produtos, como o filé da cioba, chegam a atingir US\$12/libra nos mercados de pescados em Miami (WATANABE *et al.*, 2005). Devido a esta característica, a espécie tem boa representatividade em mercados locais e nas exportações brasileiras

(REZENDE *et al.*, 2003), possuindo grande importância social e econômica na região Nordeste do Brasil. Entretanto, os volumes de produção vêm decrescendo rapidamente a cada ano sendo observada uma redução dos estoques naturais em função de esforços de pesca cada vez maiores. Atualmente, a cioba é classificada como sobrepesada (MMA, 2005) e globalmente ameaçada de extinção pela União Mundial para Conservação (IUCN, 2008). Devido a essa situação, não só no Brasil, mas em outras partes do mundo, a American Fisheries Society (AFS) reconheceu que os lutjanídeos devem ser manejados conservativamente, de forma que sejam evitadas situações de sobrepesca e colapso dos estoques (REZENDE *et al.*, 2003).

Nesse contexto de sobrepesca, aliado aos altos valores de mercado e à crescente demanda por esse tipo produto, a aquicultura assume um papel primordial, podendo constituir uma alternativa viável para a captura de *L. analis*, contribuindo para a recuperação dos estoques naturais. Vários trabalhos têm demonstrado o potencial dessa espécie para aquicultura, a qual se reproduz facilmente em cativeiro (CLARKE *et al.*, 1997; WATANABE *et al.*, 1998; FEELEY *et al.*, 2000; BOTERO-ARANGO & CASTAÑO-RIVERA, 2005) e apresenta bom desempenho zootécnico (WATANABE *et al.*, 1998; 2001; BENETTI *et al.*, 2002; BOTERO & OSPINA, 2002). Em estudo avaliando o crescimento de juvenis produzidos em cativeiro, utilizando altas densidades de estocagem (48,3 ind./m³), foi alcançada uma taxa de crescimento (TCE) de 1,55%/dia e ganho de peso (GP) de 0,78 g/dia (WATANABE *et al.*, 1998). Benetti *et al.* (2002), testando densidades de 5 e 25 ind./m³ em gaiolas flutuantes com animais também produzidos em cativeiro, conseguiu desempenhos superiores (1,00 a 1,22%/dia TCE e 1,16 a 1,28 g/dia GP) em relação a outras espécies de peixes marinhos. Ganhos de peso superiores a 3 g/dia foram observados por Botero & Ospina (2002) em animais capturados no ambiente natural e engordados em gaiolas flutuantes durante um período de 118 dias.

Além dos bons resultados de desempenho desses trabalhos, importantes aspectos como a rápida aceitação a dietas artificiais e a resistência frente ao manejo e a fatores ambientais foram tidos como outros pontos positivos para o cultivo de *L. analis*. Todavia, apesar do potencial de cultivo e dos relevantes avanços nas pesquisas com a espécie, algumas lacunas no pacote tecnológico persistem, impedindo o seu cultivo comercial, como a carência de dados sobre as exigências nutricionais. Em todos os estudos mencionados

foram usadas rações formuladas para outras espécies de peixes como o dourado (*Coryphaena hippurus*; WATANABE *et al.*, 1998; BENETTI *et al.*, 2002) e a truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*; BOTERO & OSPINA, 2002), uma vez que não existem rações específicas para o *L. analis*. Segundo Hernández *et al.* (2007), a realização de estudos enfocando aspectos nutricionais, observando sua viabilidade técnico-econômica são imprescindíveis quando se pretende o cultivo de novas espécies. Tal necessidade deve-se ao fato de que os custos com alimentação representam entre 30 a 70% do total das despesas operacionais de um empreendimento aquícola (WEBSTER & LIM, 2002). Somado a isso, o uso de dietas nutricionalmente balanceadas constitui a base da manutenção, crescimento, reprodução e saúde de animais cultivados (NRC, 1993), sendo considerado o alicerce de todo fluxo de produção (CHO *et al.*, 1985).

Entre os nutrientes, a proteína é um dos mais importantes, desempenhando amplas funções no desenvolvimento dos peixes (CAMPBELL, 1991). O percentual de inclusão de proteína em dietas para organismos aquáticos varia de acordo com o hábito alimentar, onde espécies onívoras demandam menores teores (menos de 40% de proteína bruta, PB), enquanto os carnívoros necessitam de dietas com elevados níveis (mais de 40% PB; HARDY, 2003). Tal necessidade parece estar relacionada à capacidade inata do grupo dos carnívoros em utilizar a proteína como fonte de energia (TACON & COWEY, 1985), pois por possuir um trato intestinal curto, é fisiologicamente incapaz de digerir de forma eficaz os carboidratos (LUNGER *et al.*, 2006). A cioba, assim como as principais espécies de peixes marinhos cultivadas no mundo, é carnívora, sendo farinha de peixe (FP) a principal fonte protéica utilizada em dietas devido às qualidades deste ingrediente. O rápido crescimento da aquíicultura tem demandado volumes cada vez maiores desse insumo, aumentando a pressão sobre os estoques naturais. Em 2003 foram 2.936.000 ton. contra 963.000 ton. utilizadas em 1994 (TACON, 2005). Como consequência dessa pressão, os estoques naturais têm se reduzido drasticamente, acarretando em flutuações de produção, altos preços, causando assim uma percepção negativa aos consumidores de pescado (QUINTON *et al.*, 2007).

A redução da dependência da farinha de peixe em rações através da incorporação de outras fontes protéicas de origem animal e vegetal tem constituído o principal desafio das indústrias de alimentação animal nas últimas décadas (MARTÍNEZ-LLORENS *et al.*,

2007). Para que um ingrediente seja considerado um potencial substituto, alguns fatores de natureza nutricional e econômica devem ser levados em conta. Segundo Allan *et al.* (2000), a determinação da digestibilidade constitui o primeiro passo na avaliação de ingredientes potenciais em dietas para espécies cultivadas. Além disso, um perfil adequado de aminoácidos essenciais (AAE), a ausência de substâncias antinutricionais e a presença de tecnologia para produção quali- quantitativa desses ingredientes devem ser avaliadas. Os fatores ambientais merecem atenção especial, uma vez que as proteínas são fontes nitrogenadas, devendo ser utilizadas nas dietas em níveis norteados por critérios nutricionais e de digestibilidade para cada espécie. Dessa maneira, poderá haver uma melhora na eficiência alimentar e, conseqüentemente, a diminuição da excreção de nutrientes, minimizando a poluição de corpos d'água (TACHIBANA & CASTAGNOLLI, 2003).

Entre as fontes protéicas de origem vegetal, a soja é uma das mais utilizadas por apresentar um perfil de aminoácidos relativamente balanceado e preço baixo (NRC, 1993; HARDY, 2006). A partir da soja, vários produtos podem ser elaborados, como os farelos, os concentrados protéicos e os óleos, os quais podem ser amplamente utilizados pela indústria de rações.

O concentrado protéico de soja (CPS) vem sendo testado com sucesso em algumas espécies, substituindo total ou parcialmente a farinha de peixe (FP) em dietas. O percentual de substituição de 45% da FP por CPS não afetou o crescimento e a ingestão alimentar em dietas do halibut do Atlântico (*Hippoglossus hippoglossus*; BERGE *et al.*, 1999). Kissil *et al.* (2000), avaliando o efeito de três níveis de substituição, constataram que uma inclusão de até 30% de CPS não teve efeitos sobre o crescimento da dourada (*Sparus aurata*). A queda de desempenho zootécnico nesse estudo foi relacionada à diminuição da ingestão alimentar causada pela perda de palatabilidade quando a FP foi substituída. Em dietas para o linguado europeu (*Scophthalmus maximus*), o uso de atratores alimentares permitiu níveis de substituição da FP por CPS próximos a 50% sem danos a ingestão alimentar (DAY & PLASCENCIA-GONZÁLEZ, 2000). A incorporação de uma mistura de aminoácidos e atratores em dietas a base de CPS para o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) teve efeito positivo sobre o ganho diário de peso corporal (DIAS *et al.*, 1997). Além do aumento da ingestão alimentar, a suplementação de dietas com aminoácidos sintéticos contribui no

equilíbrio do perfil de aminoácidos das dietas a base de CPS. Takagi *et al.* (2001), fazendo o uso de metionina e lisina em dietas contendo 52% de CPS, observaram incremento no desempenho do pargo japonês (*Pagrus major*) em relação a dietas sem suplementação. Resultados superiores foram conseguidos por Refstie *et al.* (2001), que, após 99 dias de cultivo, obtiveram peso final superior em indivíduos de salmão do Atlântico (*Salmo salar*) alimentados com dietas com CPS suplementadas com metionina frente à dieta controle (rica em FP). Em dietas para truta arco íris (*Oncorhynchus mykiss*) Kaushik *et al.* (1995) conseguiram a substituição total da FP por CPS com taxas de crescimento equivalentes.

Considerando as poucas perspectivas de aumento na oferta de farinha de peixe e o potencial de crescimento da aquicultura no Brasil, em especial a piscicultura marinha, torna-se fundamental a elaboração de dietas que atendam ao requerimento nutricional de espécies nativas e que sejam formuladas com insumos disponíveis localmente. Nesse sentido, o concentrado protéico de soja assume lugar estratégico, uma vez que o Brasil é o segundo maior produtor mundial de soja (USDA, 2009) e pode permitir o desenvolvimento de rações a base desse ingrediente e o crescimento sustentável da piscicultura marinha no país.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local de Execução

O presente estudo foi realizado no Centro de Estudos em Aqüicultura Costeira (CEAC) do Instituto de Ciências do Mar (LABOMAR) da Universidade Federal do Ceará (UFC). O CEAC está localizado às margens do estuário do Rio Pacotí (município do Eusébio, CE; 3°53'15" S; 38°22'30" O), distante cerca de 20 km de Fortaleza.

3.2 Delineamento Experimental

O trabalho foi dividido em duas etapas, realizadas de forma consecutiva em dois sistemas distintos de cultivo. A primeira etapa consistiu de um cultivo de juvenis de cioba, *Lutjanus analis*, por um período de 95 dias. Quatro dietas isocalóricas e isoprotéicas foram avaliadas, contendo as proporções de 2,02:1,00 (dieta **M:P_2.0**), 1,03:1,00 (dieta **M:P_1.0**), 0,51:1,00 (dieta **M:P_0.5**) e 0,27:1,00 (dieta **M:P_0.3**) de proteína de origem animal marinha (M) e ingredientes de origem vegetal (P). Na primeira etapa, os tratamentos foram randomizados em blocos de forma sistemática, com quatro tratamentos e quatro repetições por dieta (Figura 1).

A segunda etapa do estudo consistiu de avaliações de atrato-palatabilidade das dietas experimentais. Nesta etapa, o estudo foi realizado em um galpão coberto de 500 m² de área com tanques de 500 l com área útil de fundo de 0,57 m², interligados em regime fechado. As observações foram realizadas duas vezes ao dia durante 10 dias em quatro tanques, totalizando 80 observações, cada uma com duração aproximada de 30 min.

Durante as observações, cada tanque foi equipado com quatro bandejas de alimentação posicionadas nas bordas do tanque e equidistantes uma da outra. As quatro dietas foram ofertadas isoladamente em cada bandeja, mas de forma simultânea. Para garantir a máxima aleatorização nas observações de atrato-palatabilidade e minimizar a influência do ponto de oferta da dieta na escolha alimentar, a ordem de alimentação dos tanques e a oferta da dieta experimental em cada bandeja de alimentação foram previamente sorteadas. Assim a cada observação, se alterava tanto a seqüência de oferta por tanque, como também o local de posicionamento da dieta experimental no interior do tanque.

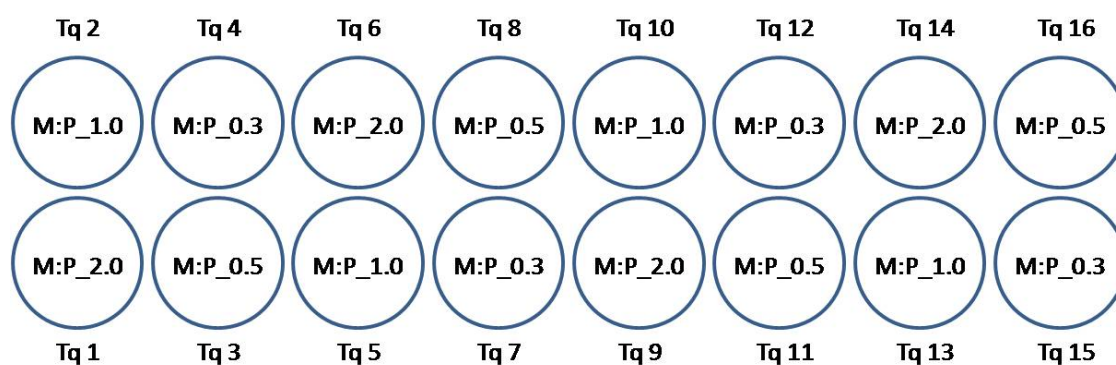


Figura 1. Delineamento experimental adotado durante o estudo de crescimento com a cioba, *Lutjanus analis*, empregando-se quatro dietas com proporções distintas de proteína de origem animal e vegetal. **M:P_2.0**, dieta com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); **M:P_1.0**, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; **M:P_0.5**, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; **M:P_0.3**, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P. Tq, tanque de cultivo.

3.3 Formulação das Dietas Experimentais

Quatro dietas experimentais isoprotéicas e isocalóricas (Tabela 1) foram desenvolvidas utilizando o software de formulação linear Feedsoft® Professional versão 3.14 (Feedsoft Corporation, Richardson, Texas, EUA). As dietas foram desenhadas para conter percentuais crescentes de substituição de proteína de origem animal marinha por ingredientes vegetais (Tabela 1). O aporte de proteína bruta (PB) e dos dez aminoácidos considerados essenciais³ (AAE) para organismos aquáticos cultivados (NRC, 1983) advindo do uso da farinha de peixe de Anchoveta (*Engraulis ringers*) foi substituída principalmente pelo concentrado protéico de soja.

Inicialmente, uma ração controle (**M:P_2.0**) foi preparada como dieta basal para conter 360,00 g/kg de farinha de peixe de Anchoveta. A dieta **M:P_2.0** foi desprovida de concentrado protéico de soja. Esta dieta continha mais da metade (54,9%) do seu conteúdo de proteína bruta advindo de ingredientes de origem marinha animal (farinha de peixe e farinha de lula inteira). A partir da dieta basal, três outras dietas foram formuladas para substituir progressivamente a farinha de peixe (FP) por concentrado protéico de soja (CPS). Isto resultou em um aumento na contribuição de proteína vegetal nas dietas em relação ao conteúdo total de proteína bruta na dieta basal, de 27,2% (**M:P_2.0**) para 40,9%, 52,2% e 62,9% nas dietas **M:P_1.0**, **M:P_0.5** e **M:P_0.3**, respectivamente.

A substituição de FP por CPS foi alcançada especificando níveis mínimos de aminoácidos essenciais nas fórmulas. Dado a inexistência de informações referente às exigências de aminoácidos para *L. analis*, os níveis destes nutrientes foram fundamentados em valores nutricionais disponíveis para outros peixes marinhos. A espécie selecionada foi o robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) por possuir hábitos e fisiologia alimentar similares ao da cioba. Os requerimentos de aminoácidos essenciais foram extraídos de Webster & Lim (2002) *apud* Métailler *et al.* (1973), Thébault *et al.* (1985), Tibaldi & Lanari (1991), Tibaldi *et al.* (1993, 1994), Kaushik (1998) e Tibaldi & Tulli (1999). Para os aminoácidos essenciais, cujas as exigências não foram ainda estabelecidas para o robalo europeu, os mesmos foram baseados nos requerimentos definidos para o salmão conforme sugerido por Métailler *et al.* (1973).

³Arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina

Tabela 1. Composição e valores centesimais das dietas experimentais utilizadas no estudo.

Ingredientes	Dietas ¹ /Composição (g/kg, base úmida)			
	M:P_2.0	M:P_1.0	M:P_0.5	M:P_0.3
Concentrado protéico de soja ²	0,00	130,00	214,17	299,79
Quirera de arroz ³	63,99	34,06	18,49	2,66
Farelo de soja ⁴	200,00	191,97	200,00	200,00
Farinha de trigo ⁵	150,00	150,00	150,00	150,00
Glúten de milho ⁶	10,00	0,00	0,00	0,00
Lecitina de soja ⁷	15,00	14,74	14,74	14,74
Farinha de vísceras de aves ⁸	123,33	115,36	147,02	135,08
Farinha de lula inteira ⁹	10,00	15,00	20,00	25,00
Farinha de peixe de Anchoveta ¹⁰	360,00	268,78	160,00	90,00
Óleo de peixe ¹¹	15,00	26,71	35,00	35,60
Óleo de soja ¹²	0,02	7,03	1,23	6,15
Sulfato de magnésio	10,00	8,65	0,31	0,39
Fosfato monobicálcico	10,00	10,00	10,00	10,00
Cloreto de potássio	4,60	0,57	0,00	0,00
Cloreto de colina, 60%	1,65	0,00	0,49	1,01
Sal comum	10,00	10,00	10,00	10,00
DL-metionina ¹³	0,00	0,71	1,55	2,17
L-lisina ¹⁴	0,00	0,00	0,59	1,03
Ácido ascórbico monofosfatado ¹⁵	1,42	1,42	1,42	1,42
Premix vitamínico-mineral ¹⁶	15,00	15,00	15,00	15,00
Composição centesimal (g/kg, peso seco)				
Proteína bruta	456,5	462,6	451,5	454,5
Extrato etéreo	98,4	108,6	103,0	104,6
Cinzas	116,6	105,9	89,8	83,5

Fibra bruta	18,0	20,0	21,5	21,3
Umidade	120,0	125,1	160,0	157,9
Energia bruta (kJ/g, peso seco)	17,78	18,31	18,47	18,41
<hr/>				
CPB (% base úmida) ¹⁷				
Proteína marinha animal (M)	54,90	42,10	26,70	17,1
Proteína vegetal (P)	27,20	40,90	52,2	62,9
Proteína terrestre animal	16,50	15,50	19,7	18,1
Proteína sintética	0,00	0,09	0,21	0,28
Relação M:P (base úmida) ¹⁸	2,02	1,03	0,51	0,27

¹M:P_2.0, dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); M:P_1.0, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; M:P_0.5, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; M:P_0.3, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.

²Dampro® A, Solae Denmark A/S (Sydhavnsgade, Dinamarca). 59,12% proteína bruta (PB); 1,70% extrato etéreo (EE); 6,46% cinzas; 1,54% fibra bruta (FB); 10% umidade.

³Usina Catende (Catende, PE). 12,12% PB; 1,51% EE; 1,84% FB; 0,28% cinzas; 7,67% umidade.

⁴Farelo de Soja 46. Bunge Alimentos S.A. (Luis Eduardo Magalhães, BA). 46,59% PB; 1,29% EE; 6,27% cinzas; 4,33% FB; 9,00% umidade.

⁵Dona Benta Tipo 1, J. Macedo (Fortaleza, CE). 10,89% PB; 0,51% EE; 0,47% cinzas; 0,31% FB; 14,33% umidade.

⁶Protenose®, Corn Products Brasil – Ingredientes Industriais Ltda. (São Paulo, SP). 67,58% PB; 8,17% EE; 3,83% cinzas; 0,46% FB; 4,33% umidade.

⁷Cargill Nutrição Animal Ltda. (São Paulo, SP). 92,76% EE; 6,11% cinzas; 8.188 kcal/kg energia bruta (EB).

⁸NORDAL Nordeste Indl. de Derivados Animais Ltda. (Maracanaú, CE). 61,25% PB; 13,80% EE; 11,90% cinzas; 0,52% FB; 4,33% umidade.

⁹Hinrichsen Trading S.A. (Santiago, Chile). 68,89% PB; 5,38% EE; 11,63% cinzas; 0,51% FB; 10,89% umidade.

¹⁰COPEINCA Corporación Pesquera INCA S.A. (Lima, Peru). 67,65% PB; 7,61% EE; 14,41% cinzas; 0,15% FB; 9,00% umidade.

¹¹COPEINCA Corporación Pesquera INCA S.A. (Lima, Peru). 98,00% EE; 8.620 kcal/kg EB.

¹²Perdigão. Bunge Alimentos S.A. (Luis Eduardo Magalhães, BA). 99,60% EE; 9.330 kcal/kg EB.

¹³Evonik Degussa Brasil Ltda. (São Paulo, SP). Níveis de garantia por kg: 99% (mínimo) DL-metionina: 1% umidade (máximo).

¹⁴ADM do Brasil Ltda. (Santos, SP). Níveis de garantia por kg: 98,5% L-lisina monohidroclorídrica (mínimo); 1,5% umidade (máximo).

¹⁵Rovimix Stay-C® 35%, DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda., São Paulo, SP. Ácido L-ascórbico-2-monofosfatado, Na₂Ca_{0,5}C₆H₆O₉P.

¹⁶Rovimix Camarão Intensivo. DSM Produtos Nutricionais Brasil Ltda., São Paulo, SP. Níveis de garantia por quilo de produto: vitamina A, 1.250.000 UI; vitamina D3, 350.000 UI; vitamina E, 25.000 UI; vitamina K3, 500,0 mg; vitamina B1, 5.000,0 mg; vitamina B2, 4.000,0 mg; vitamina B6, 10,0 mg; ácido nicotínico, 15.000,0 mg; ácido pantotênico, 10.000,0 mg; biotina, 150,0 mg; ácido fólico, 1.250,0 mg; vitamina C, 25.000,0 mg; colina, 50.000,0 mg; inositol, 20.000,0 mg; ferro 2.000,0 mg; cobre, 3.500,0 mg; cobre quelado, 1.500,0 mg; zinco, 10.500,0 mg; zinco quelado, 4.500,0 mg; manganês, 4.000,0 mg; selênio, 15,0 mg; selênio quelado, 15,0 mg; iodo, 150,0 mg; cobalto, 30,0 mg; cromo, 80,0 mg; veículo, 1.000,0 g.

¹⁷CPB, correspondência relativa de proteína bruta aportado em relação ao total protéico da dieta.

¹⁸M:P, relação de substituição de proteína animal marinha por proteína vegetal.

Tendo em vista os elevados teores de concentrado protéico de soja nas dietas M:P_1.0, M:P_0.5 e M:P_0.3, as mesmas foram suplementadas com aminoácidos sintéticos DL-metionina e L-lisina para evitar deficiência nutricional e desbalanceamento das fórmulas (Tabela 2). Da mesma forma, ocorreu um aumento progressivo na inclusão de farinha de lula inteira (FL) de 1,0% na dieta basal (M:P_2.0) para 2,5% na dieta M:P_0.3 na medida em que foi reduzido o aporte de FP. A FL foi utilizada para preservar a atratividade e a palatabilidade das dietas com maior aporte de CPS.

Os níveis de proteína bruta e de lipídeos nas dietas foram formulados com base em resultados obtidos por Watanabe *et al.* (2001) em um estudo realizado com juvenis de *L. analis* em temperaturas de água entre 25 a 30°C, similares ao do sistema de cultivo empregado no presente estudo. Os níveis adotados para os demais macronutrientes seguiram trabalhos em nutrição com outras espécies de *Lutjanus* [(*L. argentimaculatus*, Catacutan *et al.* (2001) e *L. campechanus*, Miller, *et al.* (2005)]. As dietas formuladas apresentaram níveis mínimos e máximos (coeficiente de variação) de proteína bruta, lipídeos, cinzas, fibra bruta, umidade e energia bruta entre 451,5 e 462,6 g/kg (1,0%), 98,4 e 108,6 g/kg (4,1%), 83,5 e 116,6 g/kg (15,2%), 18,0 e 21,5 g/kg (8,0%), 120,0 e 160,0 g/kg (15,0%) e 17,78 e 18,47 kJ/g (1,7%), respectivamente.

Antecedendo o processo de formulação e fabricação das dietas, os macroingredientes foram analisados quanto aos seus valores bromatológicos (proteína bruta, extrato etéreo, cinzas, fibra bruta e umidade). As análises bromatológicas seguiram a metodologia proposta pela AOAC (1984). Os níveis de aminoácidos e ácidos graxos essenciais foram estimados com bases nos valores centesimais obtidos nas análises e por dados fornecidos para cada ingrediente no NRC (1993).

Tabela 2. Perfil de aminoácidos (g/100 g de dieta, base seca) das dietas experimentais contendo diferentes proporções de substituição de proteína animal marinha por proteína vegetal. Os resultados referem-se a valores analisados em laboratório.

Aminoácido	Perfil de Aminoácidos (g/100 g, base seca) ¹			
	M:P_2.0	M:P_1.0	M:P_0.5	M:P_0.3
Alanina	2,53	2,25	2,08	2,13
Arginina	2,83	2,96	2,94	3,17
Ácido aspártico	3,29	3,82	3,40	3,72
Glicina	2,64	2,50	2,40	2,46
Isoleucina	1,90	1,89	1,87	1,92
Leucina	3,22	3,06	2,98	3,13
Acido glutâmico	6,45	6,81	6,82	7,34
Lisina	4,02	3,89	3,65	3,79
Cistina	0,10	0,15	0,18	0,19
Metionina	2,18	2,02	1,97	2,03
Fenilalanina	1,85	1,87	1,88	1,97
Tirosina	1,36	1,42	1,32	1,47
Treonina	1,67	1,61	1,57	1,57
Triptofano	0,66	0,64	0,66	0,64
Prolina	2,63	2,56	2,62	2,77
Valina	2,02	2,00	1,93	1,98
Histidina	1,23	1,19	1,08	1,05
Serina	1,76	1,80	1,87	1,90

¹**M:P_2.0**, dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); **M:P_1.0**, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; **M:P_0.5**, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; **M:P_0.3**, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.

3.4 Fabricação das Dietas Experimentais

O processo de fabricação das rações experimentais iniciou-se com a moagem (moinho tipo Willye, modelo MA-680, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP) do farelo de soja, concentrado protéico de soja, quirera de arroz e glúten de milho em malha com 600 µm. Subseqüentemente, estes ingredientes juntamente com a farinha de peixe, farinha de vísceras de aves e farinha de lula inteira foram individualmente peneirados em malha de 250 µm. Os microingredientes (minerais e vitaminas) e a farinha de trigo não foram submetidos à moagem ou ao peneiramento, pois já apresentavam uma fina granulometria.

Após a moagem, todos os ingredientes sólidos e líquidos foram pesados em balança eletrônica de precisão (Ohaus Adventurer, Toledo do Brasil, São Paulo, SP) e misturados em uma bateadeira planetária industrial para massas (G. Paniz, modelo BP-12 super, Caxias do Sul, RS) durante 10 min. Após este período, água doce a uma temperatura 92°C foi adicionada a mistura de ingredientes na proporção de 2,0:1,5. Os ingredientes foram misturados por um tempo adicional de 10 min. até a formação de um bolo. O bolo de ingredientes foi então transferido para uma cuscuzeira e mantido sob cozimento a vapor durante 40 min. O bolo cozido foi submetido à extrusão em um moedor industrial para carnes (C.A.F., modelo CAF-32, Rio Claro, SP) equipado com uma matriz de 3,5 mm (APÊNDICE A).

Durante a extrusão houve a formação de uma massa na forma de *spaghetti*, o qual foi distribuída em bandejas de aço inox para secagem a 65°C em uma estufa com circulação e renovação de ar (estufa de secagem especial, Modelo MA-035/3, Marconi Equipamentos para Laboratório Ltda., Piracicaba, SP) durante 5 h. A massa foi revirada a cada 2 h de secagem para alcançar uma umidade homogênea em toda ração. Findo o processo de secagem a ração foi cortada manualmente em *pellets* cônicos com 5,0 cm de comprimento, resfriada, embalada em sacos plásticos, identificada e armazenada sob temperatura de - 22°C

3.5 Caracterização dos Sistemas de Engorda e de Atrato-Palatabilidade

3.5.1 Sistema de Engorda

Para o presente estudo, foi construído um sistema de engorda composto por 16 tanques circulares de polipropileno de cor azul (Plastsan Plásticos do Nordeste Ltda., Caucaia, CE) com volume individual de 1.000 l, diâmetro externo superior de 1,44 m e 0,74 m de altura (Figura 2, APÊNDICE B). Os tanques foram posicionados em área a céu aberto, submetidos a um fotoperíodo natural, sendo cobertos individualmente com uma tampa azul de polipropileno com aberturas laterais protegidas por telas. O uso das tampas teve como objetivo reduzir o excesso de luminosidade, vento e poeira, garantindo uma cobertura parcial de 70%.

O suprimento de água do sistema de cultivo foi realizado através de bombeamento no estuário do Rio Pacotí por uma bomba centrífuga de 5,0 cv de potência (modelo C8R8, linha JM, Bombas King, Caucaia, CE), distante cerca de 270 m dos tanques de cultivo. Toda água de abastecimento foi armazenada em dois reservatórios de 20.000 l, proporcionando uma disponibilidade contínua de água em salinidade superior a 30‰.

Os tanques de cultivo foram equipados com um dreno central para renovação de água em regime de fluxo contínuo. A água de drenagem foi direcionada para um tanque de repouso com 10.000 l de capacidade, posicionado em nível inferior aos tanques de cultivo. A filtração mecânica da água de drenagem ocorreu inicialmente com a retirada de resíduos maiores feita com o auxílio de uma tela em perlon. Após seu repouso em tanque de 10.000 l, a água foi conduzida por meio de bomba centrífuga de 1,5 cv de potência (modelo A845 PF, Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, RJ) para um filtro de areia com 1½ cv de capacidade e vazão nominal de 16,9 m³/h (modelo DFR-30, Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, RJ). Após a filtração em filtro de areia, a água retornava aos tanques de cultivo com o auxílio de duas bombas centrífugas de 3,0 cv de potência (modelo PF-22T, Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, RJ) garantindo um total de 24 trocas d'água por dia em cada tanque de cultivo.

Os tanques de cultivo foram mantidos sob aeração constante realizada por um soprador com 4,0 cv de potência (Siemens modelo CR-6, IBRAM Indústria Brasileira de Máquinas, São Paulo, SP), sendo o ar incorporado à água com o uso de dois difusores de ar

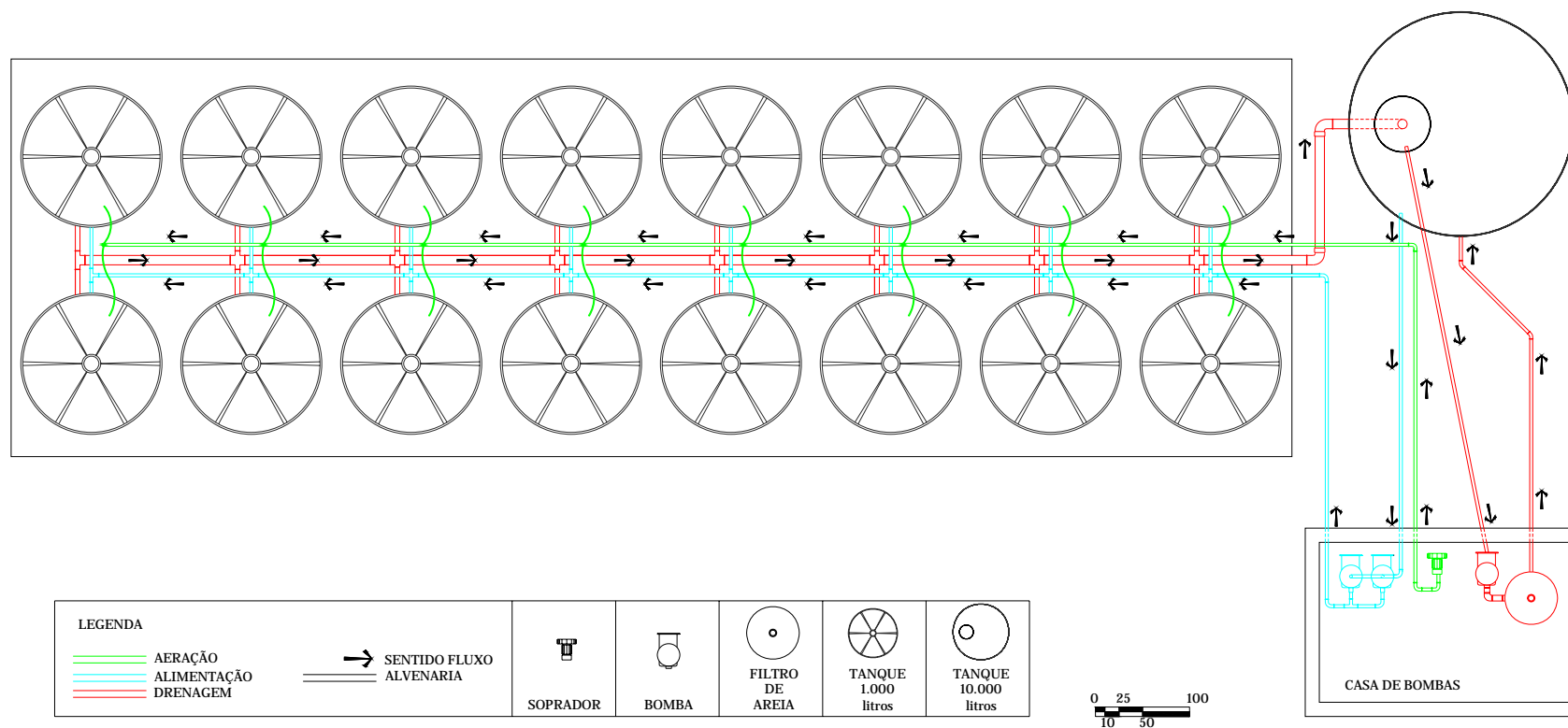


Figura 2. Sistema experimental de cultivo para engorda de juvenis de cioba, *Lutjanus analis*.

por tanque. Um grupo gerador a diesel de potência contínua com 1.800 rpm (modelo D229-4, MWM Motores Diesel Ltda., São Paulo, SP) e 55-kvA (Kilo Volt Amperes ou 44 kW) ou 60 cv de potência foi empregado como fonte emergencial de energia.

3.5.1.1 *Validação Operacional*

Durante os seis meses que antecederam o estudo, cento e sessenta indivíduos de cioba e dentão (*L. analis* e *Lutjanus jocu*, respectivamente) com peso médio de $74,8 \pm 5,3$ g (média \pm desvio padrão) foram estocados no sistema de engorda em uma densidade de 10 peixes/tanque. A validação operacional teve como objetivo avaliar a eficácia do sistema experimental de engorda e permitir ajustes necessários em manejo precedendo o início do estudo. Finalizada a validação, os peixes foram pesados e transferidos para outros tanques e o sistema de cultivo limpo e esterilizado (hipoclorito de sódio a 100 ppm).

3.5.2 *Sistema de Atrato-Palatabilidade*

No estudo de atrato-palatabilidade, o sistema experimental foi composto por tanques de polipropileno de cor azul (Plastsan Plásticos do Nordeste Ltda., Caucaia, CE) com volume individual de 500 l, diâmetro externo superior de 1,05 m e 0,46 m de altura (APÊNDICE B). Os tanques são interligados por meio de canos de PVC soldáveis formando baterias independentes de cinco tanques. Cada bateria possui filtragem mecânica de água individual realizada através do uso de um filtro de areia de alta vazão (Dancor S.A. Indústria Mecânica, Rio de Janeiro, RJ) com área filtrante de $0,07 \text{ m}^2$, conectado a uma eletrobomba (WEG Indústrias S.A., Guarulhos, SP) de serviço contínuo, monofásica, na potência de 1/4 cv, tensão de 220 V e vazão nominal de $3,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

A aeração do sistema de tanques foi realizada por meio de difusores de ar ligados a três sopradores com 2,0 cv de potência (modelo CR-5, Siemens, IBRAM Indústria Brasileira de Máquinas e Equipamentos, São Paulo, SP). O suprimento de água foi realizado por dois reservatórios de 20.000 l que captam água através de uma bomba centrífuga de 5,0 cv de potência (modelo C8R8, linha JM, Bombas King, Caucaia, CE) do Estuário do Rio Pacotí.

3.6 Metodologia de Engorda nos Tanques Experimentais

3.6.1 Obtenção de Juvenis no Meio Natural, Aclimação e Estocagem

Para a realização do estudo, juvenis de cioba (*Lutjanus analis*) com peso médio de $12,70 \pm 4,70$ g ($n = 300$) foram capturados no estuário do Rio Pacotí com auxílio de tarrafas com malha de 5 mm. Após a captura, os peixes foram acondicionados e transportados em um recipiente de 20 l contendo água do estuário de origem. A água de transporte foi aerada com uma bomba de aquário portátil (modelo D-200, Boyu, China).

Na chegada ao laboratório, os peixes foram aclimatados em tanques circulares de 500 l contendo água do sistema de engorda em uma salinidade de 30‰ sob constante aeração. Nos tanques de aclimação, os peixes foram submetidos a um tratamento profilático com formol a 40% (15 ml/500 l água), por um período de 24 h visando evitar possíveis contaminações por ectoparasitas ou fungos no sistema de cultivo.

Posteriormente, os peixes foram transferidos para um tanque retangular de 2.784 l (2,90 x 1,60 x 0,60 m; comprimento x largura x altura) mantido em área coberta até que o número amostral fosse atingido. Durante o período de manutenção dos animais em laboratório, foi ofertada diariamente uma alimentação a base de camarão e peixe triturados até que fosse alcançada a saciedade aparente dos animais. Uma vez alcançado o tamanho amostral desejado, todos os animais foram submetidos a uma biometria em balança de precisão (Ohaus Adventurer, Toledo do Brasil, São Paulo, SP).

Para início da primeira etapa do estudo, os animais capturados foram divididos de acordo com o peso individual em três classes de peso (g) e estas distribuídas aleatoriamente no sistema experimental de engorda em uma densidade de estocagem de 15 peixes/tanque (0,20 kg/tanque). O critério de distribuição adotado visou garantir que todas as classes de peso fossem igualmente dispostas em todos os tratamentos. A densidade adotada foi baseada na capacidade de suporte dos tanques, bem como em dados comportamentais (agressividade) entre os animais observados durante a validação operacional do sistema de cultivo e em estudos com outras espécies de lutjanídeos (CATACUTAN *et al.*, 2001; MILLER *et al.*, 2005).

3.6.2 Desmame e Adaptação as Dietas Experimentais

Durante os quinze dias que antecederam o início do estudo, todos os peixes foram condicionados a dieta basal **M:P_2.0**. O desmame ocorreu nos dez primeiros dias após a estocagem dos animais no sistema experimental de engorda. A transição foi feita de forma gradual, aumentando-se diariamente a proporção de alimento artificial em relação ao fresco (*i.e.*, camarão e peixe triturados) em 10%. Os animais foram alimentados três vezes ao dia (0700, 1100 e 1600 h) até a saciedade aparente ou até que 10% da biomassa total fosse alcançada (TUCKER, 1998).

Findo o período de desmame, cinco dias adicionais foram utilizados para adaptação dos peixes as demais dietas experimentais (*i.e.*, **M:P_1.0**, **M:P_0.5** e **M:P_0.3**). Neste caso, as dietas experimentais substituíram diariamente em 20% a dieta **M:P_2.0** até que uma substituição total fosse atendida.

3.6.3 Alimentação e Manejo do Sistema Experimental de Engorda

Durante toda primeira etapa do estudo, os peixes foram alimentados três vezes ao dia às 0700, 1100 e 1600 h. As refeições foram inicialmente calculadas com base em 10% da biomassa total estocada de peixes por tanque (TUCKER, 1998), divididas em três refeições diárias. As refeições foram ajustadas diariamente a cada horário de alimentação conforme o consumo alimentar dos animais.

Durante a alimentação, os *pellets* foram lançados individualmente e gradativamente sobre a superfície d'água, a fim de promover a incitação alimentar dos animais. A alimentação foi interrompida no momento em que se observava a saciedade dos peixes ou a ausência de ingestão alimentar. Da mesma forma, a cada horário de alimentação foi oferecida quantidades adicionais de ração caso a refeição inicialmente pesada fosse completamente consumida pelos animais. O consumo alimentar foi contabilizado diariamente por tanque e por horário de alimentação.

Os parâmetros físico-químicas de qualidade da água (temperatura, pH, salinidade e oxigênio dissolvido) em cada tanque de cultivo foram monitorados diariamente às 1300 h. A temperatura e o pH da água foram determinados com um pHmetro portátil (SevenGo™ pH meter SG2, Mettler Toledo GmbH, Schwerzenbach, Suíça), enquanto um refratômetro com calibração automática para temperatura (modelo RTS-101ATC, Instrutherm

Instrumentos de Medição Ltda, São Paulo, SP) foi utilizado para determinar a salinidade da água. Um oxímetro digital (YSI 550A DO Instrument, YSI Incorporated, Yellow Springs, EUA) foi empregado para determinar o oxigênio dissolvido da água de cultivo.

No 15º, 35º e 55º dias de cultivo, amostras da água de cultivo foram coletadas em duplicata em cada tratamento e os níveis de nitrito dissolvido (N-NO_2^-), nitrato dissolvido (N-NO_3^-), nitrogênio amoniacal dissolvido ($\text{N-NH}_{3,4}$) e fosfato dissolvido (P-PO_4^{3-}) foram analisados em um espectrofotômetro visível (DR 2800 Spectrophotometer, Hach Company, Loveland, EUA).

Visando garantir uma melhor qualidade de água do sistema de cultivo, 50% do volume da água de cultivo foram repostas a cada 24º dias de engorda sempre durante os procedimentos de biometria.

3.6.4 Índices de Desempenho Zootécnico

O desempenho zootécnico da cioba foi avaliado ao longo e no final do cultivo por meio de biometrias dos peixes cultivados. A biometria foi iniciada no primeiro dia de cultivo após o período de aclimatação, seguido de pesagens realizadas em um intervalo de 24 dias (24º, 48º, 72º e 95º dias de cultivo).

Durante as biometrias, os peixes foram capturados e imediatamente imersos em água contendo uma solução anestésica de óleo de cravo com eugenol a 80 mg/l (10% diluído em álcool 92ºGL) em uma concentração de 4 ml/10 l água. Este procedimento visou reduzir o estresse dos animais durante a captura e manuseio. Nas biometrias, todos os peixes estocados foram pesados e medidos individualmente em uma balança de precisão (Ohaus Adventurer, modelo ARA520, Toledo do Brasil Indústria de Balanças Ltda., São Bernardo do Campo, SP) e com um ictiômetro (precisão de 0,5 cm), respectivamente.

Na despesca, todos os peixes vivos foram contados, pesados e medidos individualmente para determinar os seguintes índices de desempenho zootécnico:

$$\text{TCE} = [(\ln \text{WGf} - \ln \text{WGi}) \div \text{DR}] \times 100 \quad (1) \quad \text{onde,}$$

TCE = taxa de crescimento específico (%/dia)

WGf = peso corporal úmido (g) dos peixes na despesca;

WG_i = peso corporal úmido (g) dos peixes no dia 1 de cultivo;

DR = número total de dias de cultivo.

$$AGW = (WG_f - WG_i) \div DR \quad (2) \quad \text{onde,}$$

AGW = ganho de peso corporal diário (g/dia);

$$SR = ((POP_f \div POP_i) \times 100 \quad (3) \quad \text{onde,}$$

SR = sobrevivência final dos peixes na despesca (%);

POP_f = número total de peixes vivos por tanque no momento da despesca;

POP = número total de peixes povoados por tanque.

$$YLD = ((POP_f \times WG_f) - (POP_i \times WG_i)) \div AR \quad (4) \quad \text{onde,}$$

YLD = produtividade de peixes por tanque (g/m³);

AR = volume do tanque de cultivo (m³).

O fator de conversão alimentar das dietas foi determinado ao final do cultivo empregando-se o consumo alimentar aparente (AFI, em g/tanque/ciclo). O consumo aparente de ração mede a ingestão de alimento pelo peixe a base da matéria seca, subtraindo-se o teor de umidade das respectivas dietas avaliadas. Assim, o fator de conversão alimentar foi determinado por meio da equação:

$$FCA = \sum AFI \div BIO \quad (5) \quad \text{onde,}$$

FCA = fator de conversão alimentar a base seca;

AFI = consumo alimentar aparente (g) por tanque ao longo de todo ciclo de cultivo;

BIO = biomassa ganha de peixe (g) por tanque, *i.e.*, (WG_f – WG_i) x POP_f.

$$TEP = BIO \times PB \times \sum AFI \quad (6) \quad \text{onde,}$$

TEP = taxa de retenção protéica (%/ dia);

PB = teor de proteína bruta na ração (%).

3.7 Avaliações de Atrato-Palatabilidade

3.7.1 Estocagem e Aclimação

Para as avaliações de atrato-palatabilidade cada tanque de 500 l representou uma unidade experimental com uma densidade de estocagem de quatro peixes/tanque ($0,16 \text{ kg/m}^3$; $20,12 \pm 4,40 \text{ g}$, $n = 16$). Os animais utilizados para as avaliações foram obtidos no mesmo período de captura dos peixes utilizados na primeira etapa do estudo, obedecendo às mesmas metodologias de captura, profilaxia, biometria e aclimação.

Para as observações comportamentais, os tanques foram isolados de ruídos e de interferências externas, objetivando minimizar qualquer influência sob as respostas alimentares dos animais. Quatro bandejas de alimentação circulares confeccionadas com uma tela com malha retangular com área de 141 mm (abertura da malha de 640 μm e uma altura de 220 μm) e bordas com 350 mm de altura foram fixadas nas bordas de cada tanque com garras de arame galvanizado (APÊNDICE B). As bandejas foram posicionadas equidistantes entre si e imersas numa profundidade de 20 cm da lâmina superficial d'água.

Nos dez dias que antecederam o início das observações, os peixes foram aclimatados com uma ração comercial em pó para peixes de água doce com composição bromatológica similar às dietas testadas, com os seguintes níveis de garantia segundo o fabricante: 45,0% de proteína bruta (mínimo) 9,0% de extrato etéreo (mínimo), 6,0% de fibra bruta (máximo) e 13,0% de cinzas (máximo; Poli-Peixe 450 F, Poli-Nutri Alimentos Ltda., Eusébio, CE). Com o intuito de garantir maior estabilidade física, a ração foi misturada a um aglutinante sintético a base de uréia formaldeído (inclusão de 5 g/kg; Pegabind™, Bentoli Agrinutrition, Texas, EUA) em uma bateadeira planetária industrial e peletizada seguindo os mesmos procedimentos de fabricação das dietas experimentais.

Durante o período de aclimação dos peixes, a alimentação foi ofertada nas bandejas de alimentação duas vezes ao dia as 0700 e 1400 h a uma taxa de 10% da biomassa estocada ou cerca 40 *pellets* por tanque. Antecedendo a imersão das bandejas nos tanques, a temperatura e a salinidade da água foram monitoradas, o sistema de filtro mecânico desligado e a aeração dos tanques reduzida. Ao término de duas horas após a oferta do alimento, as bandejas foram suspensas e limpas, as sobras retiradas e contabilizadas.

Ao final de cada alimentação as fezes e eventuais restos de ração não consumida foram sifonados e o sistema de filtros ligado. Ao término da última alimentação do dia, todo procedimento de limpeza foi repetido e cerca de 50% do volume de água dos tanques descartado e repostado com água filtrada.

Concluído o período de aclimação, deu-se início as observações comportamentais. O comportamento alimentar da cioba foi acompanhado em quatro tanques de cultivo, duas vezes ao dia, durante 10 dias consecutivos. Neste período, os mesmos procedimentos de alimentação e limpeza dos tanques adotados durante a aclimação foram utilizados.

3.7.2 Parâmetros de Atrato-Palatabilidade

Para o registro do comportamento alimentar da cioba, uma filmadora digital (Sony Handycam, modelo DCR-SR62_E23, Sony Eletronics Inc., San Diego, EUA) foi fixada em um tripé e posicionada próxima ao tanque em observação (APÊNDICE B).

A filmagem teve início a partir da imersão das bandejas de alimentação em água contendo as quatro dietas experimentais. Cada observação teve uma duração de 30 min. por tanque. Após esse período, a filmagem foi interrompida, dando início ao tanque seguinte. Contudo, em cada tanque, o alimento ofertado permaneceu nas bandejas de alimentação por 2 h até que as sobras fossem coletadas, contabilizadas e o consumo calculado.

Findo as observações, as filmagens foram analisadas individualmente. Os seguintes indicadores de atrato-palatabilidade definidos por Lee & Meyers (1996) foram adaptados para o presente estudo: (1) tempo (em segundos) de aproximação dos animais (TAC) a dieta; (2) frequência de visitas a bandeja (FV), e; (3) número de *pellets* consumidos por dieta (CP), incluindo os ejetados quando observado. Durante o período experimental, a temperatura ($28,93 \pm 0,92^{\circ}\text{C}$; $n = 80$) e a salinidade ($35,10 \pm 0,50\text{‰}$; $n = 80$) da água mantiveram-se estáveis, não sendo detectadas diferenças significativas entre os períodos de alimentação e os tanques do sistema experimental ($P > 0,05$, ANOVA).

3.8 Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas com o programa Statistical Package for Social Sciences, versão Windows 15 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA). A Análise de Variância Univariada (ANOVA) foi aplicada para determinar as diferenças estatísticas entre os tratamentos. O teste *a posteriori* de Tukey HSD foi utilizado para examinar as diferenças estatísticas individuais entre tratamentos, quando observadas diferenças estatísticas ao nível de significância de 0,05. O teste *t* foi aplicado para testar a igualdade entre duas variáveis. Para análise de correlação entre as variáveis, foi empregado o Coeficiente de Correlação de Pearson.

4.0 RESULTADOS

4.1. Parâmetros de Qualidade de Água

Durante os 95 dias de engorda de juvenis de cioba *L. analis* foram realizadas um total de 1.248 leituras de oxigênio dissolvido, temperatura, salinidade e pH. Os parâmetros mantiveram-se uniformes ao longo do cultivo, não sendo observada diferença estatística significativa entre a água de cultivo dos tanques experimentais ($P > 0,05$, ANOVA).

A média da temperatura ($30,78 \pm 1,09$ °C; $n = 1.248$) manteve-se dentro da faixa térmica de tolerância para peixes tropicais, entre 25 e 35 °C (PARKER & DAVIS, 1981). Os valores médios de salinidade permaneceram próximos ao ambiente de ocorrência da espécie ($34,51 \pm 0,96\%$; $n = 1.248$). As médias de oxigênio dissolvido ($5,73 \pm 0,22$ mg/l; $n = 1.248$) e pH ($7,67 \pm 0,31$; $n = 672$) variaram dentro da faixa considerada aceitáveis para o cultivo de peixes (BOYD, 1990).

Os níveis de ortofosfato (P- PO_4^{3-}), nitrito (N- NO_2^-), nitrato (N- NO_3^-) e nitrogênio amoniacal (N- $\text{NH}_{3,4}$) da água de cultivo exibiram uma tendência de elevação ao longo do cultivo (Tabela 3). Este padrão de elevação está possivelmente relacionado ao ganho de biomassa dos animais estocados e ao acúmulo da carga orgânica, derivada de fezes e restos de ração não consumida, no sistema experimental ao longo do estudo.

Os níveis de ortofosfato e nitrato apresentaram uma queda no 35º dia em relação ao 15º dia a qual provavelmente foi resultado de uma troca d'água no sistema de cultivo para correção de salinidade realizada no dia anterior a coleta de água para análise. Na mesma ocasião foram registrados níveis significativamente maiores de nitrito e nitrogênio amoniacal em relação ao 15º dia de cultivo ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD). Neste caso, o aumento nestes parâmetros pode estar associado à retrolavagem do filtro de areia, procedimento rotineiro realizado durante as trocas d'água.

Houveram diferenças significativas entre as três análises realizadas durante o cultivo para o nitrogênio amoniacal e o nitrito ($P < 0,05$; ANOVA). Os níveis de ortofosfato variaram entre 7,49 a 10,69 mg/l apresentando uma diferença significativa entre a última análise (55º dia) e as demais ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD). A única variação significativa para o nitrato foi detectada na segunda análise (35º dia) frente aos 15º e 55º dias ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD).

Tabela 3. Variação nos níveis de ortofosfato e compostos nitrogenados (nitrito, nitrato e nitrogênio amoniacal) analisados no sistema experimental de engorda em três períodos de cultivo. Os valores são apresentados como média \pm desvio padrão de um total de 16 tanques com uma repetição. Linhas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dias de cultivo ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Parâmetros ¹	Dias de Cultivo/Qualidade de Água (mg/l)			ANOVA <i>P</i> ²
	15°	35°	55°	
Ortofosfato	8,06 \pm 0,71 a	7,49 \pm 0,46 a	10,69 \pm 0,72 b	< 0,05
Nitrito	0,036 \pm 0,002 a	0,073 \pm 0,008 c	0,043 \pm 0,002 b	< 0,05
Nitrato	2,59 \pm 1,03 a	1,06 \pm 0,58 b	2,08 \pm 0,21 a	< 0,05
Amônia	0,25 \pm 0,02 a	0,39 \pm 0,05 c	0,31 \pm 0,02 b	< 0,05

¹P-PO₄³⁻, ortofosfato; N-NO₂⁻, nitrito; N-NO₃⁻, nitrato; N-NH_{3,4}, nitrogênio amoniacal

²Análise de Variância Univariada (ANOVA)

4.2 Desempenho Zootécnico da Cioba

4.2.1 Ganho de Peso Corporal

Os juvenis de cioba cresceram ao longo de todo período experimental (Tabela 4). Durante os 24 primeiros dias de cultivo o peso médio corporal dos peixes variou entre $28,0 \pm 6,0$ g (**dieta M:P_0.3**) e $30,3 \pm 6,0$ g (**dieta M:P_1.0**). Contudo, uma diferença significativa no peso corporal dos animais somente foi observada a partir do 48º dia de cultivo ($P < 0,05$; ANOVA). Neste dia, foi observada uma redução no peso corporal da cioba alimentada com a dieta contendo um maior percentual de substituição de proteína marinha animal (dieta **M:P_0.3**) por vegetal em relação às demais (dietas **M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5**). Os peixes alimentados com a dieta **M:P_0.3** mantiveram um menor ganho de peso corporal em relação as demais dietas até a despesca realizada após 95 dias de cultivo. A diferença relativa no peso corporal médio dos peixes alimentados com a dieta **M:P_0.3** e as demais aumentou de forma progressiva com o tempo de exposição ao alimento, em 13%, 15% e 24% para os dias de cultivo 48, 72 e 95, respectivamente.

Durante o cultivo, ficou evidenciado que não ocorreu perda significativa de crescimento quando a cioba foi alimentada com dietas onde o percentual de proteína vegetal e de animais terrestres correspondiam respectivamente, a 52,2% e 19,7% do total protéico do alimento (dieta **M:P_0.5**). Embora não tenham sido detectadas diferenças significativas no peso corporal das ciobas alimentadas com as dietas **M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5**, houveram quedas gradativas de ganho de peso na medida em que o percentual de substituição de proteína marinha animal por vegetal aumentou. Os melhores resultados obtidos no peso final da cioba foram alcançados com dieta basal **M:P_2.0**, onde a proteína animal marinha respondeu por 54,9% da proteína total da dieta e 27,2% de proteína vegetal.

4.2.2 Sobrevivência, Crescimento e Produtividade

Na despesca, de um total de 240 animais cultivados, apenas um óbito foi registrado no tratamento **M:P_0.5** após 14 dias de estocagem. Isto resultou em uma sobrevivência de $98,3 \pm 3,3\%$ para este tratamento (Tabela 5). O animal morto foi pesado (g), medido (cm), analisado externamente e dissecado. O mesmo apresentava baixo peso associado a um aspecto de magreza sugerindo não adaptação a dieta ofertada.

Tabela 4. Peso médio corporal \pm desvio padrão (g) de juvenis de cioba, *L. analis*, alimentados com dietas contendo diferentes proporções de proteína animal marinha e vegetal durante 95 dias de cultivo ($n = 60$). Linhas com letras iguais indicam diferença não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Dias	Dieta Experimental ¹ /Peso Médio Corporal (g)				ANOVA P^2
	M:P_2.0	M:P_1.0	M:P_0.5	M:P_0.3	
0	18,6 \pm 4,4	18,4 \pm 4,7	18,5 \pm 4,6	18,1 \pm 4,7	0,931
24	30,2 \pm 5,3	30,3 \pm 6,0	29,8 \pm 6,3	28,0 \pm 6,0	0,109
48	43,3 \pm 7,0 a	42,9 \pm 7,5 a	41,1 \pm 8,0 a	37,6 \pm 7,9 b	< 0,05
72	56,4 \pm 9,5 a	55,1 \pm 9,8 a	52,7 \pm 10,3 a	47,4 \pm 10,1 b	< 0,05
95	76,5 \pm 14,0 a	73,9 \pm 13,8 a	70,5 \pm 14,0 a	59,4 \pm 13,2 b	< 0,05

¹**M:P_2.0**, dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); **M:P_1.0**, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; **M:P_0.5**, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; **M:P_0.3**, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.

²Análise de Variância Univariada (ANOVA).

Tabela 5. Desempenho zootécnico de juvenis de cioba, *L. analis*, alimentados com dietas contendo diferentes proporções de proteína animal marinha e vegetal. Os valores são apresentados como média \pm desvio padrão para os resultados finais de quatro tanques de cultivo de 1,0 m³. Os peixes foram povoados com peso corporal de 18,4 \pm 4,6 g ($n = 240$) sob densidade de 15 animais/m³. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Dieta	Parâmetros de Desempenho Zootécnico ¹			
	SR (%)	GW (g/dia)	TCE (%/dia)	YLD (g/m ³)
M:P_2.0	100,0	0,60 \pm 0,05 a	1,47 \pm 0,07 a	1.148 \pm 76 a
M:P_1.0	100,0	0,58 \pm 0,07 a	1,45 \pm 0,06 a	1.109 \pm 105 a
M:P_0.5	98,3 \pm 3,3	0,54 \pm 0,08 ab	1,39 \pm 0,09 ab	1.040 \pm 145 a
M:P_0.3	100,0	0,43 \pm 0,03 b	1,24 \pm 0,07 b	891 \pm 36 b
ANOVA P^2	0,426	< 0,05	< 0,05	0,015

¹SR., sobrevivência final (%); GW, ganho de peso corporal diário (g/dia); TCE, taxa de crescimento específico (%/dia); YLD, produtividade de peixes (g/m³).

²Análise de Variância Univariada (ANOVA).

Outra provável razão é que o peixe tenha sofrido com algum comportamento territorialista entre os outros indivíduos do tanque, impedindo-o de se alimentar adequadamente. Nos demais tratamentos, a taxa de sobrevivência foi de 100%.

O ganho de peso (GW), a taxa de crescimento específico (TCE) e a produtividade (YLD) foram calculadas com base em dados de peso corporal (g) dos animais despescados ao final do cultivo. Tendo em vista que na despesca o peso corporal dos peixes apresentou uma relação inversa com o nível de proteína vegetal nas dietas, o GW, TCE e YLD seguiram uma tendência similar. Houve uma perda de desempenho para estes parâmetros na medida em que a participação de proteína vegetal nas dietas aumentou.

Contudo, não foi detectada diferença significativa no ganho de peso (GW, g/dia) entre os animais alimentados com as dietas **M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5** ($P > 0,05$; teste de Tukey HSD). O tratamento **M:P_0.3** apresentou diferença significativa em GW ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD) quando comparado com os animais alimentados com as dietas **M:P_2.0** e **M:P_1.0**. As ciobas apresentaram um ganho de peso de $0,43 \pm 0,03$ g/dia com a dieta **M:P_0.3** comparado com $0,60 \pm 0,05$ g/dia para dieta **M:P_2.0**.

Um comportamento similar foi observado para a taxa de crescimento específico (TCE), onde os peixes alimentados com a dieta **M:P_0.3** alcançaram um resultado significativamente inferior a **M:P_2.0** e **M:P_1.0** ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD), contudo não significativo em relação a **M:P_0.5** ($P > 0,05$; teste de Tukey HSD). O melhor resultado para o TCE foi alcançado quando a cioba recebeu a dieta basal **M:P_2.0** ($1,47 \pm 0,07\%$ / dia), estatisticamente similar aos tratamentos **M:P_1.0** ($1,45 \pm 0,06\%$ / dia) e **M:P_0.5** ($1,39 \pm 0,09\%$ / dia).

A produtividade (YLD, g/m³) foi fortemente comprometida nos tanques alimentados com a dieta **M:P_0.3**, resultando em valores significativamente mais baixos (891 ± 36 g/m³) frente às demais dietas ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD). Os peixes alimentados com as dietas **M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5** não exibiram diferença significativa para a produtividade ($P > 0,05$; teste de Tukey HSD).

4.2.3 Consumo e Eficiência Alimentar

O consumo alimentar aparente (AFI) reduziu na medida em que se elevou a substituição de proteína marinha animal por proteína de origem vegetal nas dietas (Tabela 6). Houveram diferenças significativas apenas quando o AFI da dieta **M:P_0.3** foi comparado com as dietas **M:P_2.0** e **M:P_1.0** ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD). Contudo a cioba consumiu proporcionalmente mais a dieta **M:P_2.0** comparada as demais, sendo o AFI mais elevado em 6, 15 e 33% para **M:P_2.0** em relação a **M:P_1.0**, **M:P_0.5** e **M:P_0.3**, respectivamente.

O maior consumo alimentar aparente (AFI) teve pouca relação com a eficiência alimentar das dietas avaliadas. Ao contrário do que se esperava um menor AFI não resultou em um melhor fator de conversão alimentar (FCA) ou maior taxa de retenção protéica (TEP). Estes parâmetros não apresentaram diferença estatística significativa entre as dietas avaliadas ($P > 0,05$; teste de Tukey HSD). Ao término do cultivo, o FCA e a TCE alcançaram uma média de 1.85 ± 0.06 e $1.19 \pm 0.04\%/dia$, respectivamente.

Utilizando a base de dados de consumo alimentar aparente (AFI) da cioba durante as três refeições ofertadas ao dia (*i.e.*, 0700, 1100 e 1600 h), foi possível traçar um padrão diário de consumo alimentar para cada dieta experimental (Figura 3A). O AFI entre as dietas apresentaram um padrão alimentar bastante parecido para os diferentes horários de arraçoamento. Para grande maioria das dietas, o maior AFI correspondeu a primeiro (0700 h) e ao último (1600 h) arraçoamento do dia. A refeição intermediária (1100 h) proporcionou valores de AFI significativamente menores comparado as outras duas refeições (0700 e 1600 h; $P < 0,05$; teste de Tukey HSD). Das quatro dietas experimentais, somente a **M:P_0.3** apresentou um padrão de consumo alimentar diário distinto. Para esta dieta, o AFI dos três horários de alimentação diferenciou-se estatisticamente entre si ($P > 0,05$; teste de Tukey HSD).

Ao longo do cultivo, ocorreu um consumo alimentar crescente para todas as dietas avaliadas, acompanhando o incremento de peso corporal da população estocada de peixes e o aumento de biomassa nos tanques de cultivo (Figura 3B). Quando se compara o AFI entre as dietas para cada intervalo de cultivo, ficou evidenciado que a dieta **M:P_0.3** foi menos consumida em relação as demais (**M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5**) ao longo de todo estudo ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD).

Tabela 6. Eficiência alimentar de juvenis de cioba, *L. analis*, alimentados com dietas contendo diferentes proporções de proteína animal marinha e vegetal. Os valores são apresentados como média \pm desvio padrão para os resultados finais de quatro tanques de cultivo de 1,0 m³ estocados individualmente com 15 peixes. Colunas com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD.

Dieta	Parâmetros de Eficiência Alimentar ¹		
	AFI (g/tq./ciclo)	FCA	TEP (%/dia)
M:P_2.0	2.177 \pm 103 a	1.90 \pm 0,06 a	1.15 \pm 0.04 a
M:P_1.0	2.050 \pm 209 a	1.85 \pm 0.05 a	1.17 \pm 0.03 a
M:P_0.5	1.888 \pm 275 ab	1.81 \pm 0.08 a	1.22 \pm 0.05 a
M:P_0.3	1.637 \pm 87 b	1.84 \pm 0.06 a	1.20 \pm 0.04 a
ANOVA <i>P</i> ²	< 0,05	0.322	0.139

¹AFI, consumo alimentar aparente (g/tq./ciclo); FCA, fator de conversão alimentar; TEP, taxa de retenção protéica (%/dia);

²Análise de Variância Univariada (ANOVA).

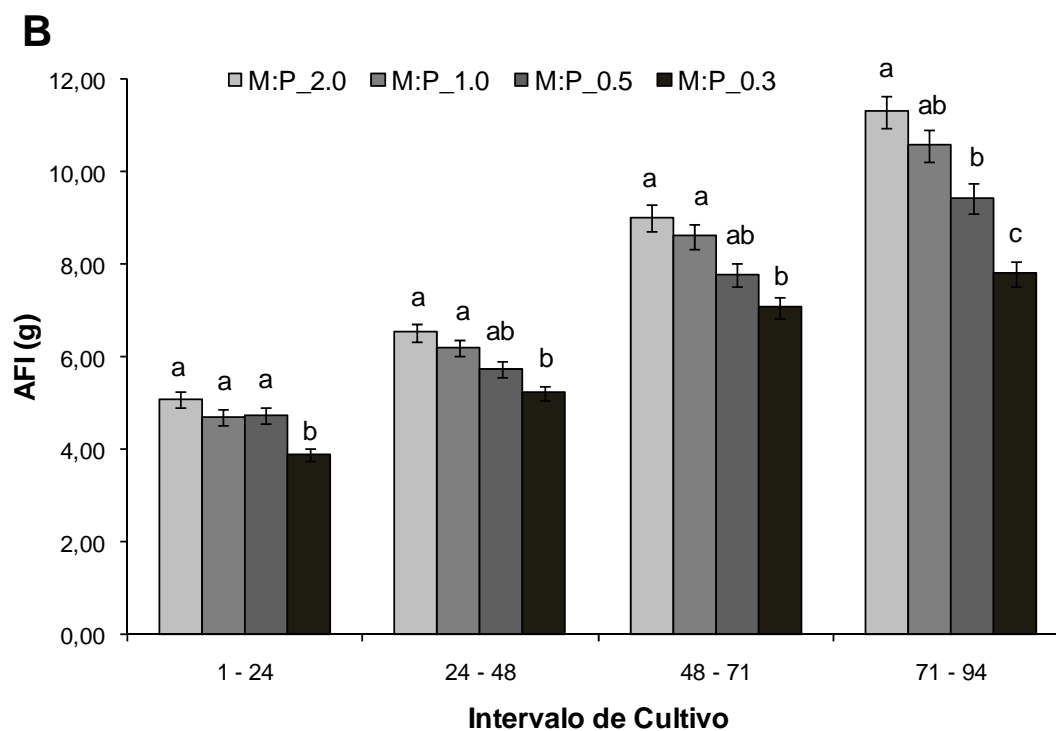
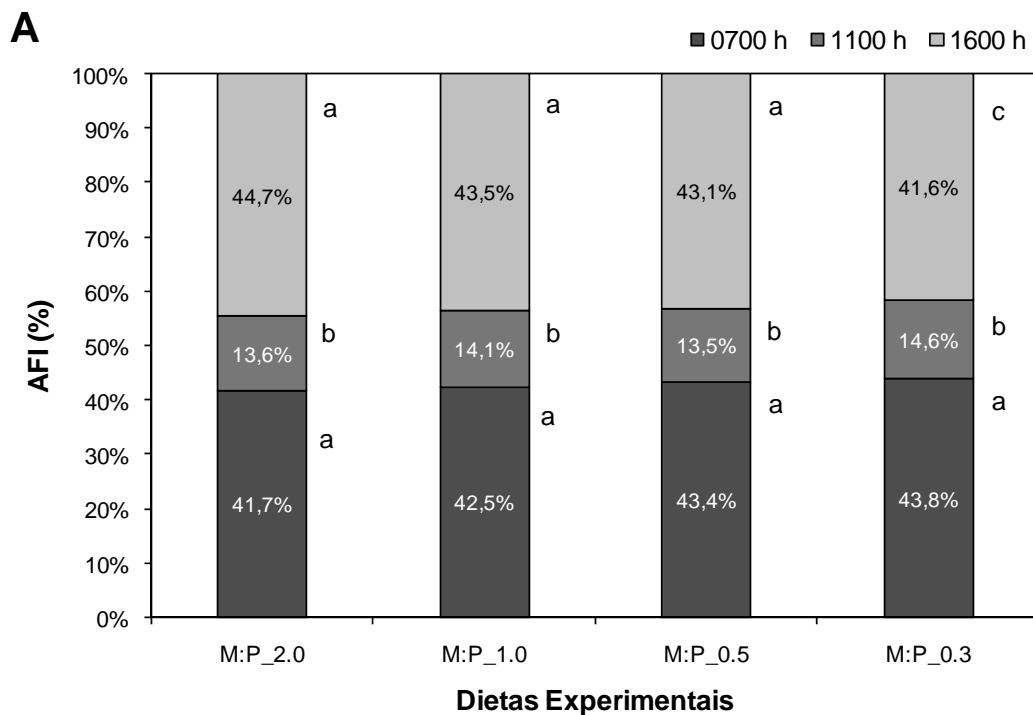


Figura 3. Consumo alimentar aparente (AFI) da cioba em relação ao horário de alimentação (A, AFI em %) e ao intervalo de cultivo (B, AFI em g). Os valores são apresentados como média \pm erro padrão para quatro dietas experimentais. Barras com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre horários de alimentação (A) ou dietas (B) ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD. **M:P_2.0**, dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); **M:P_1.0**, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; **M:P_0.5**, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; **M:P_0.3**, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.

Durante o cultivo, enquanto a cioba manteve um AFI elevado para dieta **M:P_2.0** houve um menor consumo alimentar para as demais dietas contendo o concentrado protéico de soja quando comparado a dieta basal. Nos intervalos de 24 - 48 e 48-71 dias de cultivo, os peixes alimentados com a dieta **M:P_0.5** exibiram um AFI significativamente inferior comparado a dieta **M:P_2.0** ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD). No último intervalo de cultivo (72 a 96 dias), o AFI registrado para as dietas **M:P_2.0**, **M:P_0.5** e **M:P_0.3** foi significativo ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD), enquanto o consumo de **M:P_1.0** não apresentou diferenças em relação a **M:P_0.5** e **M:P_2.0** ($P > 0,05$; teste de Tukey HSD).

4.3 Curva de Crescimento e Relações Morfométricas de Juvenis de Cioba

Ao longo do estudo, a cioba apresentou um crescimento inferior para a dieta **M:P_0.3** em relação as dietas **M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5**. Como resultado, foram traçadas duas curvas com duas equações de regressão que refletem este crescimento diferenciado em função do alimento ofertado (Figura 4A). Para as dietas **M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5** a curva resultante é do tipo exponencial, $Y = e^{(2,971 + 0,014)x}$ ($r^2 = 0,841$; $n = 896$). Uma segunda curva representa o crescimento da cioba quando alimentada com a dieta **M:P_0.3**, representada através da equação exponencial $Y = e^{(2,944 + 0,012)x}$ ($r^2 = 0,778$; $n = 300$). A relação peso e comprimento da cioba foi plotada com os dados obtidos em cinco biometrias, sendo expressa pela equação $Y = 0,009^{(3,201)}$ ($r^2 = 0,983$; $n = 1.196$; Figura 4B).

4.4 Atrato-Palatabilidade das Dietas Experimentais

Quando a cioba foi exposta simultaneamente as dietas experimentais **M:P_2.0**, **M:P_1.0**, **M:P_0.5** e **M:P_0.3** não foi detectada diferença significativa em relação ao tempo de aproximação dos animais ao alimento (Figura 5A; $P > 0,05$; ANOVA). Mesmo assim, as dietas com maior percentual de proteína animal marinha (**M:P_2.0** e **M:P_1.0**), registraram um tempo de aproximação 16% mais curto comparado às dietas com maior inclusão protéica vegetal (**M:P_0.5** e **M:P_0.3**).

Ao contrário do tempo de aproximação, tanto a frequência de visitas a bandeja de alimentação (FV) como o número de *pellets* consumidos (CP) apresentaram diferenças significativas em função da dieta ofertada (Figura 5B e 5C; $P < 0,05$; ANOVA).

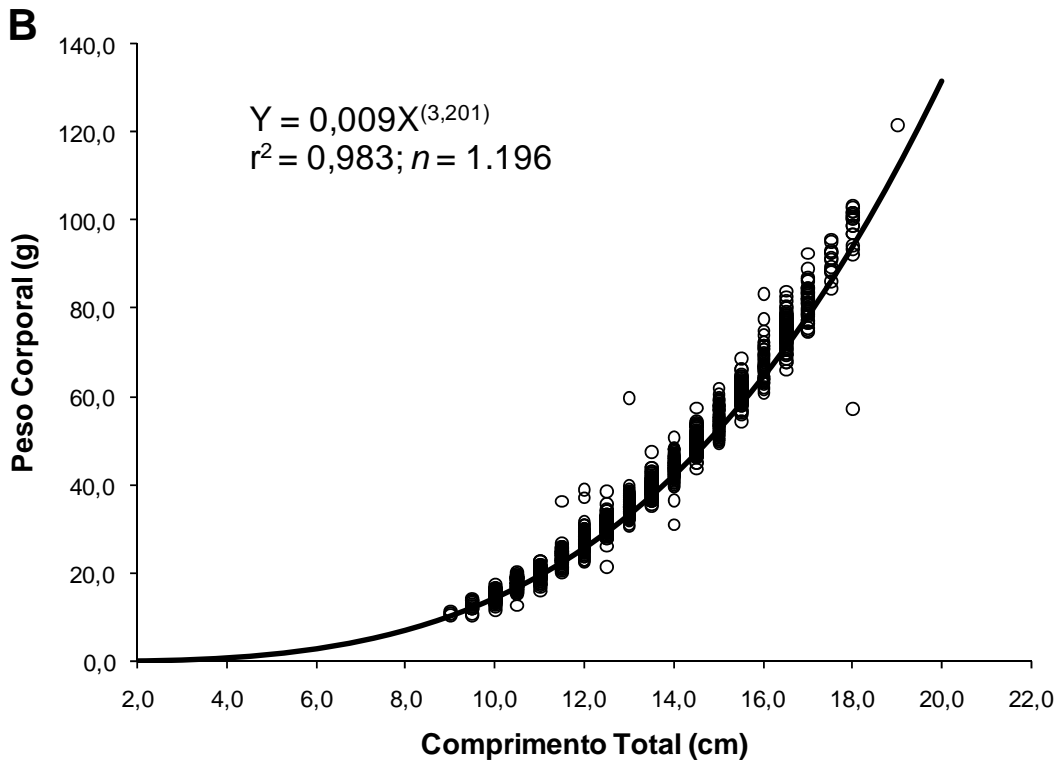
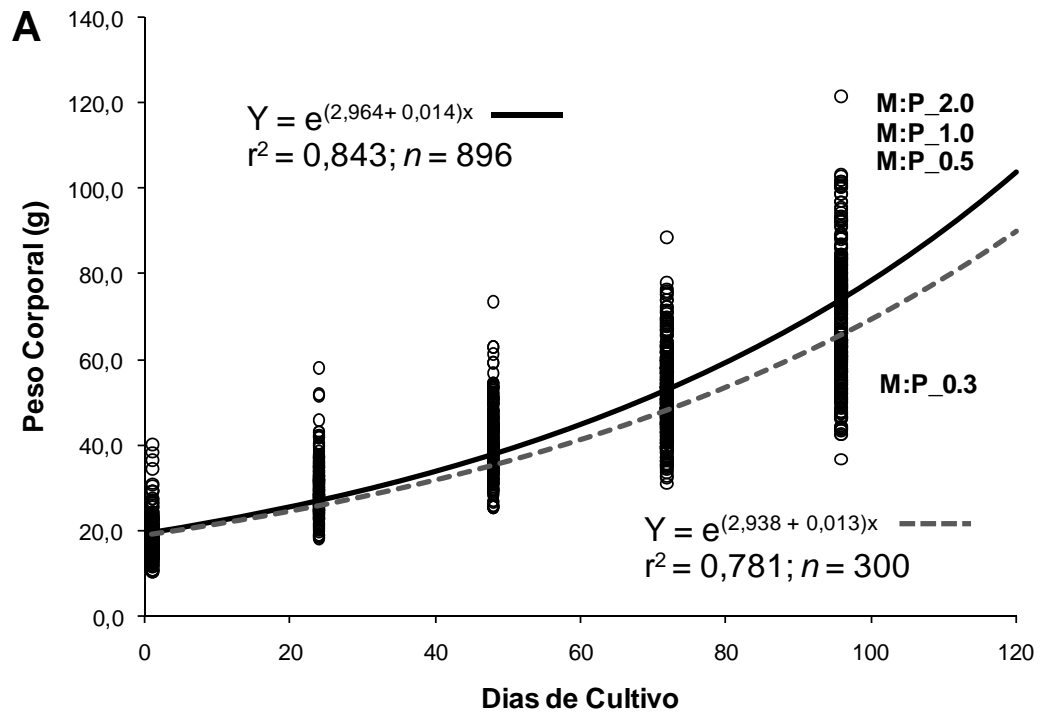


Figura 4. Curvas de crescimento para juvenis de cioba, *L.analis*, alimentados por 95 dias com quatro dietas com relações decrescentes de proteína marinha animal em relação à vegetal (A). Relação peso (g) e comprimento (cm) de 240 juvenis de cioba plotada com base em dados de cinco biometrias realizadas ao longo de 95 dias de cultivo (B). **M:P_2.0**, dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); **M:P_1.0**, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; **M:P_0.5**, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; **M:P_0.3**, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.

A cioba apresentou 33% a menos de visitas para as dietas **M:P_0.5** e **M:P_0.3** comparado com as dietas **M:P_2.0** e **M:P_1.0** ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD). No caso do número de *pellets* consumidos (CP), a cioba também deu igual preferência as dietas **M:P_2.0** e **M:P_1.0** ($P > 0,05$; teste de Tukey HSD). No entanto, um número 42% mais elevado de *pellets* foi consumido para estas dietas comparado com as dietas **M:P_0.5** e **M:P_0.3** ($P < 0,05$; teste de Tukey HSD).

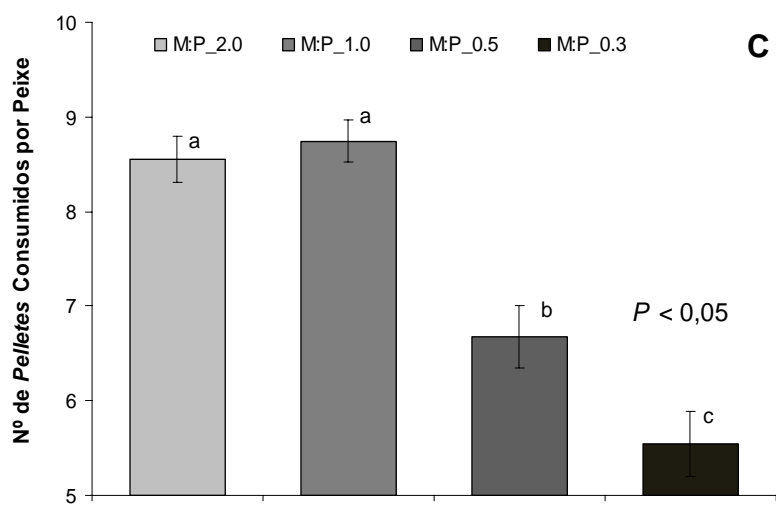
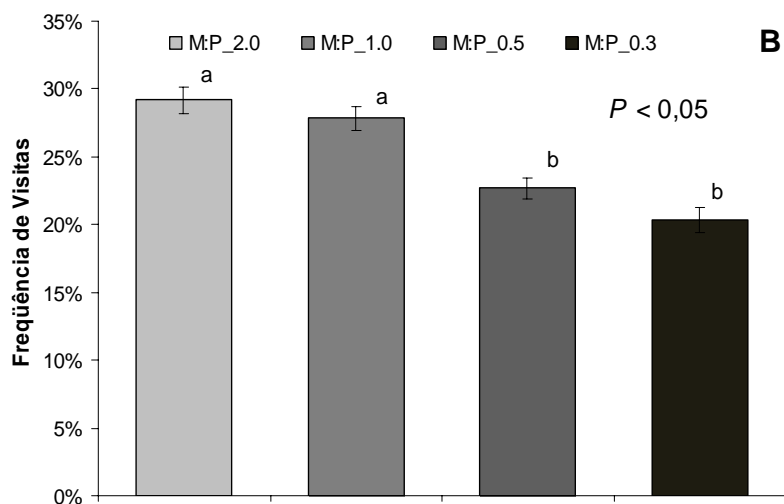
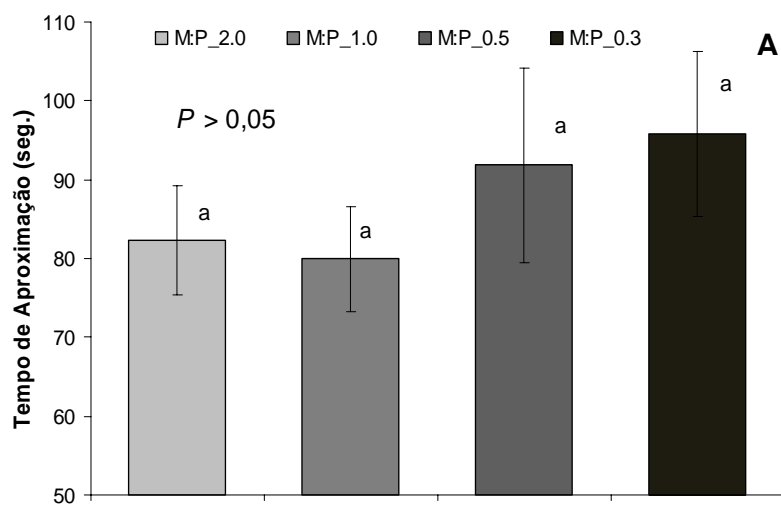


Figura 5. Tempo de aproximação (A, em segundos), frequência de visitas (B, em %) e número de *pellets* consumidos (C) por juvenis de cioba quando expostos simultaneamente a quatro dietas experimentais com diferentes proporções de proteína marinha animal e vegetal. Barras com letras iguais indicam diferença estatística não significativa entre dietas ao nível de $\alpha = 0,05$ segundo o teste *a posteriori* de Tukey HSD. **M:P_2.0**, dieta basal com uma relação de 2,02:1,00 de proteína marinha animal (M) versus vegetal (P); **M:P_1.0**, dieta com uma relação de 1,03:1,00 de M versus P; **M:P_0.5**, dieta com uma relação de 0,51:1,00 de M versus P; **M:P_0.3**, dieta com uma relação de 0,27:1,00 de M versus P.

5.0 DISCUSSÃO

5.1 Palatabilidade das Dietas

A substituição de proteína marinha animal por vegetal teve efeito direto sobre o desempenho zootécnico dos juvenis de cioba, onde quanto maior os percentuais de substituição, menores foram os valores de peso corporal, ganho de peso, taxa de crescimento específico e produtividade. Entre as possíveis causas pelo menor desempenho pode-se destacar o baixo consumo alimentar das dietas com níveis mais elevados de proteína vegetal, acarretado por problemas relacionados a palatabilidade e (ou) a presença de substâncias antinutricionais nas dietas.

A queda da palatabilidade é ocasionada quando fontes protéicas de origem animal marinha, mais palatáveis, são substituídas nas dietas por proteínas vegetais. Segundo Glencross *et al.* (2007), uma maneira de mensuração desse parâmetro é o consumo alimentar. Alguns trabalhos relatam a queda da ingestão de ração quando a farinha de peixe (FP) foi substituída por ingredientes vegetais (GOMES *et al.*, 1995; DIAS *et al.*, 1997). A soja representou a principal fonte protéica vegetal nas dietas experimentais, sendo o CPS o substituto direto da FP. Em estudo realizado com o linguado europeu, a substituição da FP por CPS em níveis superiores a 50% reduziu a palatabilidade das dietas, afetando a ingestão alimentar, a conversão alimentar e as taxas de crescimento específico e de retenção protéica (DAY & PLASCENCIA-GONZÁLEZ, 2000). Kissil *et al.* (2000), avaliando os efeitos do CPS sobre o crescimento da dourada (*Sparus aurata*), observaram uma relação inversa entre o acréscimo desse ingrediente nas dietas e a ingestão alimentar. Além de diminuir o consumo alimentar, a baixa palatabilidade pode prejudicar a qualidade de água, pois contribui no aumento de resíduos no sistema de cultivo (BOUJARD & MÉDALE, 1994). Uma saída para contornar tal situação é o uso de atratores sintéticos e (ou) naturais. Estes componentes podem melhorar a palatabilidade de rações para organismos aquáticos (KASUMYAN & DOVING, 2003) e colaborar no aporte de aminoácidos chaves nas dietas (TAKAGI *et al.*, 2001).

No presente estudo, a farinha de lula (FL) foi empregada como palatabilizante e os níveis de inclusão acompanharam gradativamente o percentual de concentrado protéico de soja na composição das dietas. Entretanto, a adição de FL parece não ter contribuído

efetivamente no aumento da palatabilidade das dietas experimentais. Tal afirmação é baseada nos resultados obtidos nos testes de desempenho zootécnico, nos quais os animais alimentados com a dieta **M:P_0.3**, contendo de 299,79 g/kg de CPS, 90,00 g/kg de FP e 25,00 g/kg de FL registraram o menor consumo alimentar final (1.637 ± 87 g/tq./ciclo), acompanhado pela pior performance entre as dietas testadas. Contrariamente, a dieta **M:P_2.0** (isenta de CPS e com 360,00 g/kg de FP e 10 g/kg de FL) resultou no maior consumo alimentar (2.177 ± 103 g/ tq/ ciclo) seguido pelos melhores ganho de peso, produtividade e taxa de crescimento específico. As demais dietas (**M:P_1.0** e **M:P_0.5**), contendo inclusões intermediárias de CPS e FL, não tiveram diferenças significativas de desempenho em relação a **M:P_2.0**. Esses resultados indicam a possibilidade de reduzir a contribuição protéica marinha animal nas dietas da cioba em até 51,3% (de 54,9 para 26,7% de contribuição protéica total), sem prejuízos a palatabilidade das dietas e ao desempenho zootécnico da espécie.

Embora a farinha de lula (FL) não tenha incrementado suficientemente a palatabilidade, este ingrediente parece ter tido efeito positivo sobre a atratividade, uma vez que foi observada boa aceitação das dietas pelos animais durante todo o cultivo. Essa hipótese é reforçada com os resultados alcançados nos testes de atrato-palatabilidade, onde o índice referente à atratividade (tempo de aproximação) não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$) entre as dietas experimentais. Todavia, ao avaliarmos os registros do número de visitas e de consumo nas bandejas é notória a preferência dos animais pelas dietas com maior percentual de proteína animal marinha (**M:P_2.0** e **M:P_1.0**), confirmando a possibilidade de problemas relacionados a palatabilidade.

Outra importante observação registrada durante o estudo de atrato-palatabilidade foi a ejeção de *pellets*. A ejeção ocorreu quando o peixe se aproximava da bandeja, apreendia o *pellet* e logo em seguida o expelia. Essa situação foi bastante comum nas bandejas que continham as dietas ricas em concentrado protéico de soja (**M:P_0.5** e **M:P_0.3**). Em estudo realizado por Silva & Pezzato (2000), avaliando diferentes fontes protéicas de origem animal e vegetal para a tilápia, os autores observaram que os ingredientes com baixa palatabilidade registraram elevados níveis de ejeção de grânulos de ração. No presente estudo, apesar da detecção desse comportamento nas filmagens, não foi possível quantificar esse índice em virtude das dimensões do tanque adotado. Devido a

pequena área do tanque, os *pellets* rejeitados se misturavam no fundo, dificultando registrar adequadamente a precipitação dos mesmos e a identificação das dietas rejeitadas.

5.2 Uso do Concentrado Protéico de Soja (CPS)

A queda de consumo alimentar aparente observada nas dietas com maior inclusão de CPS também pode estar relacionada à presença de fatores antinutricionais, bastante comum em ingredientes vegetais. A soja possui vários destes antinutrientes, sendo os principais, os inibidores de protease, as lectinas, as saponinas e o ácido fítico (FRANCIS *et al.*, 2001). Os efeitos sobre a saúde animal e o desempenho zootécnico em dietas que fizeram uso de farelo de soja são bastante conhecidos (RUMSEY *et al.*, 1994; MARTÍNEZ-LLORENS *et al.*, 2007; KNUDSEN *et al.*, 2008). No presente estudo, o nível de inclusão do farelo de soja nas quatro dietas experimentais foi fixado em 200,00 g/kg com o intuito de isolar possíveis interferências desse ingrediente no desempenho dos animais. Diferentemente, os percentuais empregados de CPS, variaram de 0 a 300,00 g/kg nas dietas, podendo algum fator antinutricional presente ter influenciado o consumo e o desempenho dos animais.

O processo de fabricação do CPS envolve uma série de processos físicos e químicos que garantem a remoção de grande parte de fatores antinutricionais (GATLIN *et al.*, 2007). Os resultados de estudos utilizando dietas a base de CPS são bastante variáveis, sendo relacionados diretamente ao tipo e a qualidade do produto empregado. O CPS usado como substituto para a farinha de peixe (FP) em dietas para a truta arco íris apresentou baixa atividade de inibidores de tripsina, o qual possui efeito pronunciado sobre a digestibilidade protéica e de aminoácidos (MAMBRINI *et al.*, 1999). No mesmo estudo, outras análises indicaram elevados teores de isoflavonas que podem reduzir a ingestão alimentar e o crescimento. Os resultados de NENGAS & ALEXIS (1996) e MÉDALE *et al.* (1998), utilizando o mesmo CPS comercial empregado no presente estudo (Dapro® A, Solae Denmark A/S, Sydhavnsgade, Dinamarca), constataram baixo nível de inibidores de tripsina. Apesar de não terem sido feitas análises para detecção de fatores antinutricionais, esses resultados podem servir como indicativo de ausência de fatores dessa natureza no CPS utilizado no presente estudo. Contudo, não se deve descartar a possibilidade de danos causados pela presença desses fatores sobre o desempenho dos juvenis de cioba. Uma das

hipóteses está relacionada às diferenças de consumo alimentar registradas entre as dietas durante os quatro períodos do experimento. A exposição a longo prazo (95 dias) a fatores antinutricionais presentes no CPS pode ter causado danos ao trato digestório dos animais, prejudicando o consumo alimentar aparente.

Os efeitos da possível presença de fatores antinutricionais foram pronunciados logo no início do estudo quando altas inclusões de CPS foi utilizado (**M:P_0.3**) ou se intensificaram no decorrer do cultivo, como observado para as dietas **M:P_0.5** e **M:P_1.0**. No primeiro período do estudo (1° a 24° dia) a dieta **M:P_0.3** (299,79 g/kg de CPS) apresentou menor consumo alimentar em relação as demais dietas. No período posterior (24° a 48° dia), os animais alimentados com a dieta **M:P_0.5** (214,17 g/kg de CPS) começaram a apresentar variações de consumo frente a **M:P_2.0** e **M:P_1.0**. No último período (72° a 95° dia), o consumo da dieta **M:P_1.0** (130,00 g/kg de CPS) apresentou similaridade com as dietas **M:P_2.0** (isenta de CPS) e **M:P_0.5**, sendo as outras dietas diferentes entre si. Análises histológicas dos tecidos podem revelar alterações morfológicas (GLENCROSS *et al.*, 2007) e assim, pode-se confirmar a ação deletéria de fatores antinutricionais sobre o consumo alimentar dos peixes. Para avaliar esta possibilidade, foram coletados tratos digestivos (estômago e intestino) de uma parcela dos 240 animais estudados (cerca de 13% da população total) para análises histológicas ainda não concluídas.

As diferenças entre os padrões de consumo alimentar diários registrados podem ser atribuídas à variação do teor de fibras, associado ao percentual de energia nas dietas experimentais. Berge *et al.*(1999) observaram que o halibut do Atlântico apresentou consumos superiores de dietas a base de CPS em comparação à dieta controle (rica em farinha de peixe). Os autores relacionaram o maior consumo alimentar com o alto teor de fibras da dieta que resultou em uma baixa densidade energética na ração. Isto levou os animais a consumirem maiores quantidades de alimento para satisfazer suas exigências energéticas. Apesar da pequena variação de fibras (entre 18,0 e 21,5 g/kg) e de energia (entre 17,78 e 18,47 kJ/g) nas dietas do presente estudo, esses fatores, quando associados ao percentual de carboidratos e ao hábito alimentar da cioba (carnívoro), podem ter influenciado no consumo alimentar diário. O período de jejum entre a última (1600 h) e a primeira alimentação (0700 h) foi de aproximadamente 16 h, estando possivelmente os

animais com trato digestório vazio. Tomando a primeira alimentação do dia como parâmetro de saciedade, verificou-se que o consumo alimentar aumentou na medida em que a inclusão de CPS cresceu. Observações realizadas durante os testes de desempenho e de atrato-palatabilidade mostraram que a saciedade dos animais foi atingida entre os 10 e 15 min. iniciais de alimentação, sendo os animais alimentados com as dietas ricas em proteína vegetal os que mais demoravam a atingi-la. Dessa maneira, acredita-se que os níveis de inclusão de proteína vegetal influenciaram no padrão de consumo alimentar diário entre as quatro dietas testadas.

5.3 Perfil de Aminoácidos Essenciais das Dietas

Além das hipóteses relacionadas ao consumo alimentar, outro fator que pode ter interferido no desempenho dos juvenis de cioba é o desequilíbrio no perfil de aminoácidos essenciais (AAE) das dietas experimentais ocasionado pela substituição da farinha de peixe de Anchoveta (FP) pelo CPS. Em dietas de truta arco íris, na medida em que o CPS foi incorporado na dieta, os níveis de metionina e lisina decresceram gradualmente, enquanto a cistina apresentou comportamento inverso (MAMBRINI *et al.*, 1999). Takagi *et al.* (2001) apontaram a metionina seguida pela lisina como principais limitantes do uso do CPS em dietas de peixes, interferindo no desempenho e na saúde dos mesmos. Esses autores, avaliando o efeito do CPS em juvenis de pargo japonês (*Pagrus major*), observaram que mais de 50% animais alimentados com dietas sem adição de aminoácidos sintéticos ou somente de lisina apresentaram problemas de opacidade ocular.

A suplementação de dietas com aminoácidos sintéticos pode ser uma alternativa viável para corrigir tais desequilíbrios, podendo garantir os níveis requeridos para a espécie e, ainda, contribuir no aumento da ingestão alimentar, refletindo em melhores desempenhos (MÉDALE *et al.*, 1998). Nas dietas usadas no presente estudo, o uso da suplementação (metionina e lisina) só foi feito quando os valores projetados de aminoácidos nas fórmulas não foram alcançados. Os níveis de metionina, lisina e cistina apresentaram o mesmo comportamento observado por Mambrini *et al.* (1999). No presente estudo, as dietas experimentais apresentaram teores de metionina entre 2,18 a 1,97 g/100g, de lisina entre 4,02 e 3,65 g/100g e de cistina entre 0,10 e 0,19 g/100g. Estas variações podem ter tido alguma relação com o desempenho zootécnico dos animais. No entanto, ao avaliar os dados

finais de peso corporal, ganho de peso e de taxa de crescimento específico entre as dietas **M:P_2.0**, **M:P_1.0** e **M:P_0.5** não foi observado diferença significativa ($P > 0,05$). Isto sugere que os níveis adotados para os referidos aminoácidos nessas dietas possam ter sido suficientes para atender as exigências da cioba. Todavia, é válido ressaltar que por conta da carência de dados referentes a exigência de aminoácidos para a espécie, os níveis de inclusão adotados para as dietas utilizadas no estudo foram baseados em dados do robalo europeu (*D. labrax*). Nesse sentido, faz-se necessário realizar outros estudos com *L. analis* visando a determinação da exigência de aminoácidos essenciais.

5.4 Desempenho Zootécnico da Cioba

Embora tenha havido variações de desempenho zootécnico entre as quatro dietas experimentais, os valores de ganho de peso (GW, 0,43 a 0,60 g/dia) e de taxa de crescimento específico (TCE, 1,24 a 1,47%/dia) após 95 dias foram próximos a outros trabalhos realizados com a espécie.

Watanabe *et al.* (1998) realizaram um estudo com o *L. analis* em tanques circulares (volume de 14,4 m³; densidade de estocagem de 48,3 ind./m³) com animais pesando entre 14,8 e 18,4 g, sendo alimentados com uma ração comercial (56% de proteína bruta e 14% de lipídeos). Após 168 dias, a espécie alcançou um GW de 0,78 g/dia e uma TCE de 1,55%/ dia. Benetti *et al.* (2002), avaliando o crescimento de juvenis de cioba com peso médio inicial de 16,5 g em uma gaiola flutuante (volume de 300 m³; 25 ind./ m³) com dois tipos de ração comercial (50 e 53% de proteína bruta; 14 a 10% de lipídeos), observaram um TCE de 1,22%/ dia e GW de 1,28 g/dia após 246 dias de cultivo.

As diferenças entre os três estudos com a cioba podem estar relacionadas a inúmeros fatores, entre eles o fato de que os animais usados por Watanabe *et al.* (1998) e Benetti *et al.*(2002) foram produzidos em cativeiro, sob condições controladas de laboratório. Os animais foram acompanhados desde a desova até o desmame das larvas, sendo, portanto, conhecido a idade cronológica dos animais. Os animais utilizados no presente experimento foram capturados na natureza com peso médio de $12,7 \pm 4,7$ g. Portanto, não receberam cuidados específicos relacionados a alimentação durante suas fases iniciais de vida, o que pode ter refletido negativamente no desempenho zootécnico dos animais.

Apesar dessas diferenças, as curvas de crescimento confirmam as projeções feitas por Benetti *et al.* (2002) nas quais a cioba cultivada poderia atingir pesos superiores a 1 kg em um ano. Realizando projeções com as equações que representam as taxas de crescimento obtidas por Benetti *et al.* (2002) e as do presente estudo, o peso de 1 kg seria atingido mais rapidamente pelos animais caso fossem alimentados com as dietas experimentais desenvolvidas no presente estudo. Além do potencial zootécnico, outros aspectos positivos como a rusticidade (WATANABE *et al.*, 1998; BOTERO & OSPINA, 2002) e a rápida adaptação ao cativeiro e as dietas artificiais (WATANABE *et al.*, 2005) puderam ser confirmadas durante os 95 dias de cultivo. Os juvenis de cioba recém capturados aceitaram prontamente rações, apenas um óbito foi registrado e não houveram evidências de doenças ou parasitas nos animais. Diferentemente do descrito para *L. argentimaculatus* (CATACUTAN *et al.*, 2001) e *Lutjanus campechanus* (MILLER *et al.*, 2005), os animais dentro da densidade adotada (15 ind./ m³) apresentaram poucos problemas relacionados a agressividade que comprometessem a alimentação. Entretanto, a realização de estudos avaliando diferentes densidades de estocagem próximas às usadas em escala de produção comercial faz-se necessária.

Outro fator importante que pode ter influenciado o desempenho entre os estudos é o percentual de proteínas (50 a 53% de proteína bruta, PB) e lipídeos (10 a 14% de lipídeos, EE) das rações comerciais usadas por Watanabe *et al.* (1998) e Benetti *et al.* (2002). Os níveis de 45% PB e 10% EE formuladas para as dietas empregadas no presente estudo foram baseados em Watanabe *et al.* (2001). Neste estudo, os autores avaliaram o crescimento de juvenis (peso médio 12,2 g) empregando dietas isoprotéicas com diferentes níveis de lipídeos. Uma das conclusões alcançadas por Watanabe *et al.* (2001) diz a respeito à necessidade de aumento do percentual de proteína bruta acima de 45% objetivando melhor crescimento e conversão alimentar. Nesse sentido, as rações comerciais usadas por Watanabe *et al.* (1998) e Benetti *et al.* (2002) podem ter atendido adequadamente as exigências protéicas da espécie.

Entretanto, ao analisar os resultados de desempenho zootécnico e de eficiência alimentar alcançados por Watanabe *et al.* (2001) pode-se verificar que o desempenho dos animais foi inferior aos conseguidos pelas quatro dietas experimentais avaliadas no presente estudo. Tal situação pode indicar que o problema talvez não esteja relacionado ao

percentual protéico das rações e sim à qualidade da proteína utilizada. Essa suposição é reforçada pelas baixas taxas de retenção protéica (0,58 a 1,03 %/dia) e de conversão alimentar (2,66 a 3,98%/dia) alcançadas por Watanabe *et al.*(2001). A taxa de retenção protéica (TEP) constitui uma das maneiras de mensuração da qualidade protéica de um ingrediente que está ligada ao percentual de proteína bruta e a digestibilidade protéica do mesmo (WEBSTER & LIM, 2002).

No presente estudo, a TEP cresceu gradualmente com a inclusão de concentrado protéico de soja nas dietas, sendo os maiores valores (1,20 %/dia) observados na dieta **M:P_0.3**, responsável pelo pior desempenho zootécnico. Esses resultados sugerem alto aproveitamento da proteína do CPS pelos juvenis de *L.analis* indicando uma boa taxa de digestibilidade protéica. No estudo realizado por Watanabe *et al.*(2001), apesar da elevada inclusão de farinha de peixe, (FP, 40% de inclusão), as outras fontes protéicas usadas (farinha de penas e farinha de sangue) são tidas por possuírem baixa digestibilidade e grande quantidade de cinzas (indigeríveis pelos animais). A baixa qualidade desses ingredientes pode ter refletido no desempenho dos animais. Outra hipótese que pode ter afetado o desempenho no estudo de Watanabe *et al.*(2001) é o teor de fibras (1,91 a 10,3%) das dietas, que pode levar a uma evacuação excessiva, reduzindo o aproveitamento de nutrientes e, conseqüentemente, o desempenho (NRC, 1993). Os autores atribuíram as baixas conversões alimentares a problemas de palatabilidade e ao percentual de fibras e de carboidratos das dietas.

Os fatores de conversão alimentar registrados no presente estudo não foram diferentes, não tendo correlação com o teor de fibras, mas com o consumo alimentar aparente e o peso final corporal. A ausência de informações como a composição das dietas comerciais, de índices como a TEP e o percentual de gordura visceral dos animais não permitem uma análise mais aprofundada entre os teores de proteína e lipídeos das rações utilizadas nos estudos de Watanabe *et al.* (1998) e Benetti *et al.*(2002). Os dados do presente estudo indicaram que mesmo com uma alta contribuição de proteína bruta vegetal nas dietas de até 52,2% do total (dieta **M:P_0.5**), os resultados de desempenho zootécnico da cioba estocadas sob 15 ind./m³ foram compatíveis com a de outros estudos usando dietas com maiores teores de proteína e de lipídeos e densidades de estocagem mais elevadas.

Com base nos resultados dos trabalhos citados é nítida a necessidade de um número maior de estudos avaliando diferentes níveis de proteína bruta nas dietas, levando em conta aspectos como a digestibilidade aparente de ingredientes pela espécie. A realização dos mesmos poderá determinar a real exigência protéica do *L. analis* e levantar informações sobre quais ingredientes são mais bem utilizados pela espécie. Tais estudos, somados às outras informações disponíveis, como níveis de lipídeos e de energia obtidos por Watanabe *et al.* (2001), poderão em breve permitir a formulação de rações para engorda de *L. analis* com menor custo econômico e alto rendimento zootécnico.

6.0 CONCLUSÃO

Através do presente estudo pode-se concluir que ocorreu uma queda progressiva no desempenho zootécnico da cioba na medida em se aumentou a substituição de proteína de origem marinha animal por vegetal. Contudo, apenas quando a contribuição de proteína bruta de origem vegetal alcançou 62,9% do total de proteína na dieta (**M:P_0.3**), houve uma perda significativa no peso corporal final, no ganho de peso diário, na taxa de crescimento específico e no consumo alimentar aparente da cioba. Independente da contribuição de proteína vegetal nas dietas, não houve perda na eficiência alimentar ou na retenção protéica das dietas pela cioba.

O menor desempenho zootécnico da cioba alimentada com altos teores de proteína vegetal esteve relacionada à redução do consumo alimentar ocasionado pela menor palatabilidade. Os níveis de inclusão da farinha de lula de até 25 g/kg contribuíram para um aumento da atratividade das dietas com alto teor de proteína vegetal, entretanto não foram suficientes para aumentar sua palatabilidade. O desequilíbrio no perfil de aminoácidos acarretado pelos níveis substituição de proteína marinha animal por vegetal foi apontado como outro possível fator responsável pela queda de desempenho zootécnico nas dietas com maior aporte de proteína vegetal.

Em geral as dietas com até 52,2% (dieta **M:P_0.5**) de contribuição relativa de proteína bruta vegetal alimentada para cioba estocada sob 15 ind./m³ permitiu um desempenho próximo ao alcançado em outros trabalhos com a espécie usando dietas com maiores teores de proteína e de lipídeos, mas sob densidades de estocagem de peixes mais elevadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, G.L.; PARKINSON, S.; BOOTH, M.A.; STONE, D.A.J.; ROWLAND, S.J.; FRANCES, J.; WARNER-SMITH, R. 2000. Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**. v.186, p.293-310.
- AOAC, 1984. Williams, S. *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 14^a Edição. Arlington, VA, EUA, 114 p.
- BENETTI, D.; MATERA, J.A.; STEVENS, O.M.; ALARCÓN, J. F.; FEELEY, M.W.; ROTMAN, F.J.; MINEMOTO, Y.; BANNER-STEVENS, G.; FANKE, J.; ZIMMERMAN, S.; ELDRIDGE, L. 2001. Growth, survival, and feed conversion rates of hatchery-reared mutton snapper *Lutjanus analis* cultured in floating net cages. **Journal of the World Aquaculture Society**. v. 33, n^o3, p. 349-357.
- BERGE, G.M.; GRISDALE-HELLAND, B.; HELLAND, S.J. 1999. Soy protein concentrate in diets for Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). **Aquaculture**. v. 178, p. 139-148.
- BOTERO-ARANGO, J. & CASTAÑO-RIVERA, F. 2005. Inducción de la madurez gonadal del pargo palmero *Lutjanus analis* (Pisces: Lutjanidae) mediante la aplicación de un fotoperíodo artificial de acondicionamiento. **Bol. Invest. Mar. Cost.**v.34, p.69-79.
- BOTERO, J. & OSPINA, J.F. 2002. Crecimiento de juveniles del pargo palmero *Lutjanus analis* (Curvier) em jaulas flotantes en islas del Rosario, Caribe Colombiano. **Bol. Invest. Mar. Cost.**v.31, p.205-217.
- BOUJARD, T. & MÉDALE, F. 1994. Regulation of voluntary feed intake in juvenile rainbow trout fed by hand or by self-feeders with diets containing two different protein/ energy ratios. **Aquat. Living Resour.** v.7, p.211-215.
- BOYD, C. Water quality in ponds for aquaculture, Alabama: Auburn University, Alabama. Birmingham Publishing Co. 1990, 482p.
- CAMPBELL, M.K. 1991. Biochemistry, 2 ed. Saunders College Publishing: [s.l.], 1991. 657p.

- CATACUTAN, M.R.; PAGADOR, G.E.; TESHIMA, S. 2001. Effect of dietary protein and lipid levels and protein to energy ratios on growth, survival and body composition of the mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Forsskal 1775). **Aquaculture Research**. v.32, p. 811-818.
- CAVALLI, R.& HAMILTON, S. 2007. A piscicultura marinha no Brasil: Afinal, quais as espécies boas para cultivar? **Panorama da aqüicultura**. v.17, nº104, p.50-55.
- CHENG, Z.J.; HARDY, R.W.; VERLHAC, V.; GABAUDAN, J. 2004. Effects of microbial phytase supplementation and dosage on apparent digestibility coefficients of nutrients and dry matter in soybean product-based diets for rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of the World aquaculture society**.v.35, nº1, p.1-15.
- CHO, C.Y.; COWEY, C.B.; WATANABE, T. 1985. Finfish Nutrition in Asia: Methodological approaches to research and development. Ottawa, Ont: IDRC, 154p.
- CLARKE, M. E.; DOMEIER, M.L.; LAROCHE, W.A. 1997. Development of larvae and juveniles of the mutton snapper (*Lutjanus analis*), lane snapper (*Lutjanus synagris*) and yellowtail snapper (*Lutjanus chrysurus*). **Bulletin of Marine Science**. v.61, nº3, p.511-537.
- DAY, O.J. & PLASCENCIA GONZÁLEZ, H.G. 2000. Soybean protein concentrate as a protein source for turbot *Scophthalmus maximus* L. **Aquaculture Nutrition**. v. 6, p. 221-228.
- DIAS, J.; GOMES, E.F.; KAUSHIK, S.J. 1997. Improvement of feed intake through supplementation with an attractant mix in European seabass fed plant-protein rich diets. **Aquat. Living Resour**. v.10, p. 385-389.
- FAO. 1994. Fisheries Circular 881, Roma, Itália, 35p.
- FAO. 2009. The state of the world fisheries and aquaculture 2008. **FAO Fisheries and Aquaculture Department**. Roma, Itália. 196 p.
- FEELEY, M.W.; BENETTI, D.D.; STEVENS, O.; FANKE, J. ALARCON, J.; MATERA, J.; STEVENS, G.; ELDRIGE, L. 2000. Spawning, larval rearing and fingerling production of mutton snapper. **World Aquaculture Society**. U.S. Chapter. Book of Abstracts, Aqua America 2000, New Orleans, Louisiana.
- FLOETER, S. R.; GASPARINI, J. L. 2000. The southwestern Atlantic reef fish fauna: composition and zoogeographic patterns. **J. Fish Biol**. v.56, p.1099-1114.

- FRANCIS, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. 2001. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**.v.199, p.197–227.
- GATLIN III, D. M.; BARROWS, F.T.; BROWN, P.; DABROWSKI, K.; GAYLORD, T.G.; HARDY, R.W.; HERMAN, E.; HU, G.; KROGDAHL, S.; NELSON, R.; OVERTURF, K.; RUST, M.; SEALEY, W.; SKONBERG, D.; SOUZA, E.J.; STONE, D.; WILSON, R.; WURTELE, E. 2007. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**. v.38, p. 551-579.
- GLENCROSS, B.D.; BOOTH, M.; ALLAN, G.L. 2007. A feed is only as good as its ingredients – a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. **Aquaculture Research**. v. 13, p. 17-34.
- GOMES, E.F.; REMA, P.; KAUSHIK, S.J. 1995. Replacement of fish meal by plant proteins in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): digestibility and growth performance. **Aquaculture**. v.130, p.177-186.
- HARDY, R.W., 2003. Carbohydrate utilization: Omnivorous vs. carnivorous fish. **Aquaculture Magazine**. v.29, p.58-63.
- HARDY, R. W. 2006. Worldwide Fish Meal Production Outlook and the Use of Alternative Protein Meals for Aquaculture. In: Editores: L. Elizabeth Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz y Armando García Ortega. **Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola**. 15 - 17 Noviembre. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.
- HERNÁNDEZ, M.D.; MARTÍNEZ, F.J.; JOVER, M.; GARCÍA GARCÍA, B. 2007. Effects of partial replacement of fish meal by soybean meal in sharpsnout seabream (*Diplodus puntazzo*) diet. **Aquaculture**. v.263, p.159–167.
- INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE - IUCN. 2008. The IUCN Red List of Threatened Species. Disponível em: <http://www.iucnredlist.org/details/12416/0> Acesso em: 14 de abril de 2008.
- KASUMYAN, A.O. & DOVING, K.B. 2003. Taste preference in fishes. **Fish and Fisheries**. v.4, p.289-347.

- KAUSHIK, S.J.; CRAVEDI, J.P.; LALLES, J.P.; SUMPTER, J.; FAUCONNEAU, B.; LAROCHE, M. 1995. Partial or total replacement of fish meal by soybean protein on growth, protein utilization, potential estrogenic or antigenic effects, cholesterolemia and fresh quality in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**. v. 133, p. 257-274.
- KAUSHIK, S.J. 1998. Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with estimation of their IAA requirement profiles. **Aquat. Living Resour.** v.11, p.355-358.
- KISSIL, G.W.; LUPATSCH, I.; HIGGS, D.A.; HARDY, R.W. 2000. Dietary substitution of soy and rapeseed protein concentrates for fish meal, and their effects on growth and nutrient utilization in gilthead seabream *Sparus aurata* L. **Aquaculture Research**. v.31, p.595-601.
- KNUDSEN, D.; JUTFELT, F.; SUNDH, H.; SUNDELL, K.; KOPPE, W.; FRØKIÆR, H. 2008. Dietary soya saponins increase gut permeability and play a key role in the onset of soyabean-induced enteritis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **British Journal of Nutrition**. v.100, p.120–129.
- LEE, P.G. & MEYERS, S.P. 1996. Chemoattraction and feeding stimulation in crustaceans. **Aquaculture Nutrition**. v. 2, p.157-164.
- LOVELL, R.T. 1988. Use of soybean products in diets for aquaculture species: revised. Soybean Utilisation Alternatives. February 16-18, 1998. The Centre for Alternative Crops and Products, University of Minnesota, p. 335-361.
- LUNGER, A.N.; CRAIG, S.R.; MCLEAN, E. 2006. Replacement of fish meal in cobia (*Rachycentron canadum*) diets using an organically certified protein. **Aquaculture**. v.257, p.393–399.
- MAMBRINI, M.; ROEM, A. J.; CRAVÈDI, J. P.; LALLÈS, J. P.; KAUSHIK, S. J. 1999. Effects of replacing fish meal with soy protein concentrate and of DL-methionine supplementation in high-energy, extruded diets on the growth and nutrient utilization of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Journal of Animal Science**. v.77, p.2990–2999.

- MARTÍNEZ-LLORENS, S.; MOÑINO, A.V.; VIDAL, A.T.; SALVADOR, V.J.M.; TORRES, M.P.; CERDA, M.J. 2007. Soybean meal as a protein source in gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.) diets: effects on growth and nutrient utilization. **Aquaculture Research**. v.38, p. 82-90.
- MÉDALE, F.; BOUJARD, T.; VALLÉE, F.; BLANC, D.; MAMBRINI, M.; ROEM, A.; KAUSHIK, S.J. 1998. Voluntary feed intake, nitrogen and phosphorus losses in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed increasing dietary levels of soy protein concentrate. **Aquat. Living. Resour.** v.11, n° 4, p. 239-246.
- MÉTAILLER, R.; FEBVRE, A.; ALLIOT, E. 1973. Note préliminaire sur les acides aminés essentiels du loup ou bar. **Conseil Général dès Pêches pour la Méditerranée**. v.52, p.91-96.
- MILLER C. L. 2003. The effects of dietary protein and lipid on growth and body composition of juvenile red snapper, *Lutjanus campechanus* (Poey, 1860). 2003. Master of Sciences Thesis, Department of Fisheries and Allied Aquaculture, Auburn University, Auburn, Alabama, USA.69 p.
- MILLER, C. L.; DAVIS, D.A.; PHELPS, R.P. 2005. The effects of dietary protein and lipid on growth and body composition of juvenile red snapper, *Lutjanus campechanus* (Poey, 1860). **Aquaculture Research**. v.36, p.52-60.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). 2005. Instrução normativa n.º 52, de 8 de novembro de 2005. Altera os Anexos I e II da Instrução Normativa n.º 5 do Ministério do Meio Ambiente, de 21 de maio de 2004, publicada no Diário Oficial da União de 28 de maio de 2004, Seção 1, p.136-142
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 1993. Nutrient Requirements of Fish. National Academy Press, 1993. Washington, DC, USA. 114 p.
- NENGAS, I.; ALEXIS, M.N.; DAVIES, S.J. 1996. Partial substitution of fishmeal with soybean meal products and derivatives in diets for the gilthead sea bream *Sparus aurata* (L.). **Aquaculture Research**. v.27, p.147-156.
- OSTRENSKY, A.; BORGHETTI, J.R.; SOTO, D. 2008. **Aqüicultura no Brasil: o desafio é crescer**. Brasília, Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação – FAO, 2008. 276 p.

- QUINTON, C.D.; KAUSE, A.; KOSKELA, J.; RITOLA, O. 2007. Breeding salmonids for feed efficiency in current fishmeal and future plant-based diet environments. **Genet. Sel. Evol.** v.39, p.431–446.
- RANDALL, J.E. 1967. Food habits of reef fishes of the West Indies. **Studies of Tropical Oceanography.** v.5, p.665-847.
- REFSTIE, S.; STOREBAKKEN, T.; BAEVERFJORD, G.; ROEM, A.J. 2001. Long-term protein and lipid growth of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets with partial replacement of fish meal by soy protein products at medium or high lipid level. **Aquaculture.** v. 193, p. 91–106.
- REZENDE S. M.; FERREIRA B. P.; FREDOU T. 2003. A pesca de lutjanídeos no nordeste do Brasil. **Boletim Técnico Científico do CEPENE.** v.11, n.1, p. 257-270.
- RUMSEY, G. L.; SIWICKI, A. K.; ANDERSON, D. P.; BOWSER, P. R. 1994. Effect of soybean protein on serological response, non-specific defense mechanisms, growth, and protein utilization in rainbow trout. **Veterinary Immunology and Immunopathology.** v.41, p.323-339.
- SHAPAWI, R.; NG, W.K.; MUSTAFA, S. 2007. Replacement of fish meal with poultry by-product meal in diets formulated for the humpback grouper, *Cromileptes altivelis*. **Aquaculture.** v.273, p.118-126.
- SILVA, E.M. & PEZZATO, L.E. 2000. Respostas da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) à atratividade e palatabilidade. **Rev. bras. Zootec.** v.29, nº 5, p. 1273-1280.
- STICKNEY, R.R.; HARDY, R.W.; KOCH, K.; HARROLD, R.; SEAWRIGHT, D.; MAESSEE, K.C. 1996. The effects of substituting oilseed protein concentrates for fish meal in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* diets. **Journal of the World Aquaculture Society.** v.27, p.57-63.
- TACHIBANA, L. & CASTAGNOLLI, N. 2003. Custo na alimentação dos peixes: é possível reduzir mantendo a qualidade? **Panorama da Aqüicultura.**v.13, p.55-57.
- TACON, A.G.J. 2005. State of information on salmon aquaculture feed and the environment. Prepared for the WWF Salmon Aquaculture Dialogue. Disponível em: <http://www.worldwildlife.org/cc/dialogues/salmon.cfm> . Acesso em: 28 de novembro de 2008.

- TACON, A.G.J. & COWEY, B.C. 1985. Protein and amino acid requirements. In: TYLER, P.; CALOW, P. **Fish energetics: new perspectives**. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1985. p. 155-183.
- TACON, A.G.J. & METIAN, M. 2008. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**. v.285, p.146-158.
- TAKAGI, S.; SHIMENO, S.; HOSOKAWA, H.; UKAWA, M. 2001. Effect of lysine and methionine supplementation to a soy protein concentrate diet for red sea bream *Pagrus major*. **Fisheries Science**. v.67. p.1088–1096.
- TESSER, M.B. & SAMPAIO, A.N. 2006. Criação de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes argentinensis*) em diferentes taxas de arraçoamento. **Ciência Rural**. v.36, n.4, p 1278 - 1282.
- THÉBAULT, H.; ALLIOT, E.; PASTOUREAUD, A. 1985. Quantitative methionine requirements of juvenile seabass, *Dicentrarchus labrax*. **Aquaculture**. v.50, p.75-87.
- TIBALDI, E. & LANARI, D. 1991. Optimal dietary lysine levels for growth and protein utilisation of fingerling seabass (*Dicentrarchus labrax*.L) fed semipurified diets. **Aquaculture**. v.95, p.297-304.
- TIBALDI, E.; TULLI, F.; PINOSA, M. 1993. Quantitative tryptophan requirements of seabass fingerlings. **European Aquaculture Society Special Publication**. v.19. Ostend- Belgium. 482 p.
- TIBALDI, E.; TULLI, F.; LANARI, D. 1994. Arginine requirements and effect of different dietary arginine and lysine levels for fingerlings seabass (*Dicentrarchus labrax*.L). **Aquaculture**. v.127, p.207-216.
- TIBALDI, E. & TULLI, F. 1999. Dietary threonine requirements of juvenile European seabass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**. v.175, p.155-166.
- TUCKER, J.W. Jr. & JORY, D. E. 1991. Marine fish culture in the Caribbean region. **World Aquaculture**. v. 22. nº1. p.10-27.
- TUCKER, J.W. Jr. 1998. **Marine Fish Culture**. Ed. Kluwer Academic Publishers, 1998. Boston, USA. 731p.

- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. 2009. United States Department of Agriculture. Disponível em: <http://www.usdabrazil.org.br/relatorios.php> Acesso em: 16 de junho de 2009.
- WATANABE, W.O.; ELLIS, E.P.; ELLIS, S.C.; CHAVES, J.; MANFREDI, C. 1998. Artificial propagation of mutton snapper *Lutjanus analis*, a new candidate marine fish species for aquaculture. **Journal of the World Aquaculture Society**. v.29. nº 2. p.176-187.
- WATANABE, W.O.; ELLIS, S.C.; CHAVES, J. 2001. Effects of dietary lipid and energy to protein ratio on growth and feed utilization of juvenile mutton snapper *Lutjanus analis* fed isonitrogenous diets at two temperatures. **Journal of the World Aquaculture Society**. v.32, nº 1, p.30-40.
- WATANABE, W.O.; BENETTI, D.; FEELEY, M.W.; ALLEN, D.; PHELPS, R.P. 2005. Status of artificial propagation of mutton, yellow and red snapper (family Lutjanidae) in the Southeastern United States. **American Fisheries Society Symposium**. v.46.p.517-540.
- WEBSTER, C.D. & LIM, C. 2002. **Nutrient requirements and feeding of finfish for aquaculture**. CABI Publishing, 2002. New York, NY, USA. 418p.

APÊNDICE A. Seqüência do processo fabricação das dietas experimentais. A, pesagem dos ingredientes; B, mistura em bateadeira; C, incorporação de ingredientes líquidos; D, adição de água quente; E, cozimento a vapor; F, peletização; G, secagem; H, produto acabado, I, estocagem.



APÊNDICE B. Sistemas de engorda e de atrato-palatabilidade utilizados nos estudos com a cioba. A, tanques experimentais de engorda de 1.000 l; B, visão dos tanques de 500 l empregados nas avaliações de atrato-palatabilidade das dietas; C, posicionamento das bandejas de alimentação no tanque de 500 l; D, posicionamento da câmara digital durante filmagens comportamentais.

