



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



Bruna Gomes Alho

Engenheira de Pesca

**CRESCIMENTO COMPENSATÓRIO E METABOLISMO ENERGÉTICO DO
TAMBAQUI *Collossoma macropomum* SUBMETIDOS A DIFERENTES PERIODOS
DE RESTRIÇÃO ALIMENTAR**

RIO GRANDE-RS

2015



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE- FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**CRESCIMENTO COMPENSATÓRIO E METABOLISMO ENERGÉTICO DO
TAMBAQUI *Collossoma macropomum* SUBMETIDOS A DIFERENTES PERIODOS
DE RESTRIÇÃO ALIMENTAR**

Autora: Bruna Gomes Alho

Orientador: Mario Chim Figueiredo

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Aquicultura no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal do Rio Grande.

RIO GRANDE-RS

2015

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	VI
RESUMO.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUÇÃO GERAL.....	3
1.1 Espécies <i>Colossoma macropomum</i>	3
1.2 Restrição alimentar e crescimento compensatório	4
1.3 Restrições alimentar e o metabolismo	7
2. OBJETIVOS	10
2.2 Objetivos específicos	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Delineamento experimental.....	11
3.2 Parâmetros zootécnicos	12
3.3 Intermediários metabólicos	13
3.4 Análises estatísticas.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
4.1 Variáveis físicas e químicas da água dos tanques	14
4.2 Parâmetros zootécnicos	14
4.3 Parâmetros do metabolismo intermediário.....	18
5. CONCLUSÃO	24
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Valores médios dos parâmetros físicos e químicos da água após diferentes períodos de restrição alimentar seguidas de 2 semanas de realimentação	14
Tabela 2. Índice de desempenho zootécnico de juvenis de tambaqui submetidos a diferentes períodos de restrição alimentar seguidas de 2 semanas de realimentação.	15
Tabela 3. Índice hepatossomático produtivo de juvenis de tambaqui submetidos a diferentes períodos de restrição alimentar seguidas de 2 semanas de realimentação	19
Tabela 4: Valores médios dos metabólitos intermediários em juvenis de tambaqui submetidos a diferentes períodos de restrição alimentar seguidas de 2 semanas de realimentação.....	21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Ilustração de um exemplar de tambaqui	3
Figura 2- Representação esquemática de jejum e protocolo de realimentação utilizado durante o experimento	12

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Mario Chim Figueiredo, por ter tido a difícil tarefa de me orientar e por ser muito mais que apenas meu orientador. Pela paciência de Jó, sei que exigi muito isso dele.

À FURG e ao PPG Aquicultura, pelos conhecimentos adquiridos.

Agradeço a todo pessoal do LAC pela ajuda no experimento.

Ao André Barbas e ao Prof. Dr. Luís André Sampaio por ceder os tambaquis para a realização do experimento.

Ao Prof. Dr. João Sarkis Yunis, e o técnico Edi Jr. Pela ajuda dada nas análises.

Ao trio da aquicultura que mais curto: Paulete, Janex e ao Hermes. Pena eu ter entrado antes de vocês, e ter tido tão pouco tempo para convivermos.

Ao meu querido amigo João, sou grata ao destino por ter nos unido, e por ter me ensinado que “You can go hard or you can go home”.

Agradeço a galera linda do República Brew pub, valeu pelo verão lindo que vocês me deram.

Agradeço muito as minhas littles budas, sou extremamente grata por tê-las e por descobri que não estou só no mundo, tenho vocês para compartilhar minha insanidade. Gratidão à nossa amizade queridas: Baiana, Xofana e Maria Fefe.

E Claro agradeço a minha família, valeu mãe, por ser mãe, pai, e amiga. Carol, esses dois anos foram muito mais difíceis por não ter você por perto, não tive ninguém pra assisti séries comigo. Jú, você que é minha irmã de alma, te amo e obrigada pelo apoio incondicional mesmo distante.

Gratidão por todos!

.

RESUMO

O presente estudo avaliou os efeitos da restrição alimentar e da realimentação sobre o crescimento e o metabolismo energético de juvenis do tambaqui *Colossoma macropomum*. O desenho experimental foi composto por 12 tanques com volume útil de 250 L, com 35 juvenis cada (peso médio $65,8 \pm 12,76$ g e comprimento médio $11,7 \pm 1,06$ cm). Os peixes foram divididos em quatro tratamentos: Continuamente alimentados (controle), privação alimentar por uma (J1), duas (J2) e três (J3) semanas, seguido de realimentação à saciedade por duas semanas. A taxa de sobrevivência foi de 100% ao final do experimento. Ao final da privação alimentar, o peso corporal dos peixes do J1, J2 e J3 estavam em 77,8%, 70,7% e 48,8% do peso corporal dos peixes controle (133,3 g), respectivamente. Os peixes do tratamento J2 após duas semanas de realimentação ultrapassaram o peso corporal dos peixes controle, e o J1 atingiu o mesmo peso corporal dos continuamente alimentados. Porém, os peixes do J3, em duas semanas de realimentação, continuaram com um peso corporal inferior aos peixes controle ($p < 0,05$). O fator de condição não foi afetado pelos tratamentos ou períodos de coleta (restrição e realimentação), demonstrando que os peixes estavam com mesma condição corporal durante todo o experimento. O índice hepatossomático (IHS) apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), e nos tempos de amostragem. No período de realimentação ocorreram as maiores médias do IHS comparadas com o período de restrição alimentar. Os níveis de glicose variaram de acordo com o tempo de amostragem e entre os tratamentos ($p < 0,05$), se mantendo baixo no período de restrição, quando comparada com o período de realimentação. No final do período de jejum 7, 14 e 21 dias, conteúdo de glicogênio hepático foi quase esgotado, mas dois dias após a realimentação, o glicogênio hepático foi aumentando com valores semelhantes às concentrações do controle. Por outro lado, o glicogênio muscular se manteve equilibrado em todo o período experimental, exceto nos peixes submetidos a três semanas de privação alimentar (J3), sugerindo o ponto de esgotamento do glicogênio hepático no grupo J3, iniciando a mobilização do glicogênio muscular para suprir os níveis de energia e manter a homeostase do organismo. Em conclusão, os resultados obtidos mostram que o tambaqui é capaz de demonstrar crescimento compensatório, se submetidos à no máximo, duas semanas de jejum, seguidas de duas semanas de realimentação.

Palavras-Chave: Crescimento compensatório, estratégia alimentar, metabolismo energético,

ABSTRACT

This study evaluated the effects of feed restriction and refeeding on growth and energy metabolism of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. The experimental design consisted of 12 tanks with a volume of 250 L with 35 youth each (average weight 65.8 ± 12.76 g and average length 11.7 ± 6.1 cm). Fish were divided into 4 treatments: continuous feeding (control), food deprivation for one (J1), two (J2), and three (J3) weeks, followed by refeeding to satiation for 2 weeks. Survival rate was 100% at the end of the experiment. At the end of the food deprivation, body weight of J1, J2 and J3 fish were 77.8%, 70.7% and 48.8%, respectively, compared to control Fish (133,3 g). Fish of J2 treatment after two weeks of refeeding exceeded the body weight of the control Fish, and the Fish of J1 treatment achieved the same body weight fed continuously. However, J3 fishes in two weeks of refeeding, continued with a lower fish body weight to control ($p < 0.05$). The condition factor was not affected by treatments or collection periods (restriction and refeeding), demonstrating that the fish were with the same body condition throughout the experiment. Hepatosomatic index (IHS) showed a significant difference between treatments ($p < 0.05$), and the sampling time. The IHS in the refeeding period were the highest average compared with the restricted period food. Glucose levels varied with the sampling team and Among treatments ($p < 0.05$) Remained low when Compared to the refeeding period. At the end of the fasting period 7, 14 and 21 days, hepatic glycogen content was depleted, but two days after refeeding, Hepatic glycogen was similar values with increasing concentrations of control, the liver glycogen was increasing with similar values to control concentrations. Muscle glycogen, however kept equilibrate during the experiment, except in fish subjected to 3 weeks of food deprivation (J3), suggesting the exhaustion point of hepatic glycogen in the J3 group, starting the mobilization of muscle glycogen to supply energy levels and maintain homeostasis. In conclusion, the results show that *Colossoma macropomum* species is able to show compensatory growth, when undergoing a maximum of two weeks of fasting followed by two weeks of refeeding.

Key-words: Feed management, feeding restriction, compensatory growth, *Colossoma macropomum*

1. INTRODUÇÃO

1.1 *Colossoma macropomum*

Colossoma macropomum é um teleósteo de água doce, pode atingir um metro de comprimento e pesar 30 quilos (Gomes et al 2010) (Figura 1). Pertence à classe Actinopterygii, ordem Characiformes, que inclui as piranhas, a pirapitinga e os pacus (Britski 1977).

Essa espécie é endêmica de as bacias do rio Amazonas e rio Orinoco. No Amazonas, o tambaqui é encontrado da foz do rio Xingu, no estado do Pará até o médio rio Ucaiali, no Peru. É também encontrado ao longo dos tributários de águas barrentas do rio Amazonas e nas partes baixas dos tributários de águas claras e negras (Araujo-Lima 1997).

Na região amazônica, o tambaqui é uma das espécies mais abundantes e de grande importância econômica para a população ribeirinha (Gomes et al. 2006). Além de ser a principal espécie produzida quando comparado a outras espécies endêmicas (Lopera-Barrero et al. 2011), é a espécie nativa mais cultivada no Brasil (Chagas et al. 2007). Bom crescimento e alimentação eficiente, resistência a baixos níveis de oxigênio, disponibilidade de alevinos e bom valor de mercado, são características importantes da espécie (Affonso et al. 2002).

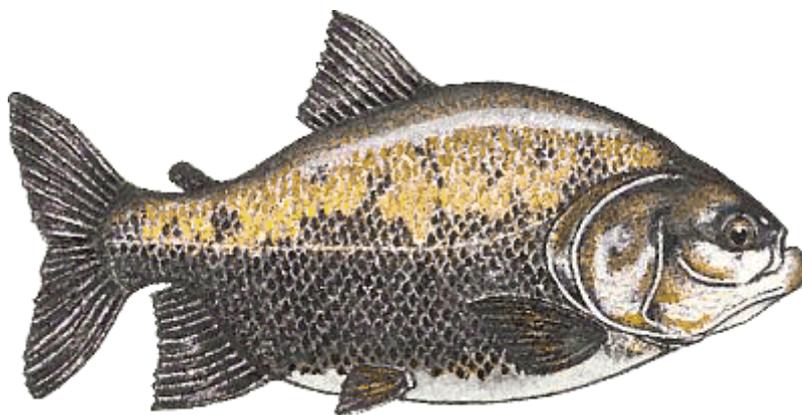


Figura 1- Ilustração de um exemplar de tambaqui (Chagas 2010).

Muitos autores consideram o tambaqui um peixe de hábito alimentar onívoro com tendência a herbívoro, filtrador e frugívoro (Nunes et al. 2006, Silva et al. 2007). Gomes e Silva (2009), observaram a predominância dos seguintes alimentos consumidos pelo tambaqui: ração para peixes, insetos (larvas de mosca), zooplâncton (cladóceros e copépodos) e material vegetal (macrófitas submersas fixadas no sedimento).

O tambaqui é um animal pelágico que apresenta bom crescimento e hábito gregário (Merola e Souza, 1998; Gomes et al. 2004). A tecnologia de produção de alevinos da espécie está bem consolidada (Gomes et al. 2003; Brandão et al. 2004; Jacometo et al. 2010). Em piscicultura, ele é reproduzido através de indução hormonal, e as fêmeas podem produzir milhões de ovos em uma única desova total (Vieira et al. 1999; Sevilla e Gunther 2000). Os primeiros trabalhos científicos com a espécie datam da década de 1970 (Merola e Pagán-Font, 1988). Atualmente já foram realizados e publicados testes de diferentes anestésicos (Gomes et al. 2001), produtos terapêuticos (Araújo et al. 2004), probióticos e enzimas digestivas exógenas para a espécie (Carvalho et al. 2009).

De acordo com dados estatísticos de produção de tambaqui no país, pode-se observar um contínuo crescimento, partindo de 8 mil toneladas em 1994 e atingindo 46 mil toneladas em 2009. Entre os anos de 2003 e 2009, a produção cresceu 123%, com taxa média anual de 14% (MPA 2012; IBGE, 2013).

Atualmente a produção de tambaqui representa 22,6% do total de pescado proveniente da piscicultura continental. No estado do Mato Grosso, a criação de tambaqui corresponde a 18.880 toneladas, e grande parte dessa produção é constituída pela criação e engorda de tambaquês em viveiros escavados (IBGE, 2013).

O tambaqui é a principal espécie nativa produzida em âmbito nacional (MPA, 2012); apenas a tilápia do nilo, *Oreochromis niloticus*, espécie exótica, supera o tambaqui em escala de produção (IBGE, 2013; SEBRAE, 2014).

A produção de tambaqui *Colossoma macropomum* vem crescendo de forma considerável, motivando pesquisas em todas as áreas de conhecimento da espécie. Em razão dos custos com a alimentação de peixes e da importância do tambaqui para a aquicultura brasileira, é necessário estudos sobre as respostas metabólicas e de crescimento frente à diferentes estratégias de restrição alimentar durante a fase juvenil, permitindo conhecer o desempenho produtivo com menor investimento em alimentação durante a fase de engorda.

1.2 Restrição alimentar e crescimento compensatório

Tanto em ambiente natural, como em ambientes de criação os peixes passam por períodos de jejum. Na natureza a privação alimentar pode ocorrer devido às mudanças no nível da água que afetam a alimentação dos peixes (Lowe-McConnel 1999), por variação na disponibilidade de alimento, por diminuições nas concentrações de oxigênio da água ou durante os processos migratórios para reprodução (Borghetti e Canzi 1993; Mackenzie et al. 1998). Em sistemas de produção os peixes passam por períodos de restrição alimentar durante o período pré-transporte para esvaziamento do trato digestório. Têm-se aplicado o jejum também como uma ferramenta de estratégia alimentar na busca por crescimento compensatório, menos custo com ração e maior lucratividade no empreendimento (Ali et al. 2003). Hornick et al. (2000) define o crescimento compensatório como um processo fisiológico pelo qual um organismo acelera o seu crescimento depois de um período de desenvolvimento restrito, geralmente devido ao reduzido consumo de ração, de modo a atingir o peso dos animais cuja alimentação não foi interrompida.

O grau de compensação de crescimento logo após o período de estresse nutricional é altamente variável e depende de ajustes comportamentais adotados pelo organismo: hiperfagia (ingestão excessiva de alimentos), redução da locomoção, conversão alimentar, e a escolha do manejo alimentar utilizado logo após o período de restrição alimentar (Zhu et al. 2001). A hiperfagia é o principal e mais comum mecanismo de compensação de crescimento, comparado a outras variáveis. Vários estudos têm sugerido que a resposta hiperfagica em peixes está relacionada com o grau de esgotamento das reservas energéticas acionadas durante o jejum. (Jobling e Miglavs, 1993; Hayward et al. 1997; Ali e Wootton, 1998).

A habilidade de manter um longo período de hiperfagia está provavelmente relacionada à hipertrofia do trato digestório, levando a um maior desempenho digestivo (Rueda et al. 1998; Belanger et al. 2002; Nikki et al. 2004). Em consequência, é indispensável o rápido ajuste do estado fisiológico dos peixes para o aumento da ingestão alimentar acompanhado de uma eficiente digestão e absorção dos nutrientes, resultando em rápido crescimento dos animais (Dobson e Holmes 1984; Jobling e Koskela 1996; Chatakondi e Yant 2001; Eroldogan et al. 2006; Cho et al. 2006).

De acordo com Ali et al (2003) o grau da compensação de crescimento durante a fase de realimentação pode ser classificado em: compensação parcial, quando os animais em restrição não alcançam o mesmo tamanho em relação aos animais que não sofreram restrição, mas apresentam altas taxas de crescimento; compensação total, quando os animais em

restrição atingem o mesmo tamanho dos animais que não sofreram restrição; sobrecompensação, quando os animais em restrição atingem maior tamanho que os animais que não sofreram restrição; e não compensação quando os animais apresentam taxa de crescimento semelhante ao período logo após a restrição.

Na produção de peixes o crescimento compensatório como manejo alimentar está bem documentado em relação ao bagre-de-canal (*Ictalurus punctatus*) (Gaylord e Gatlin III, 2000), salmonídeos (Jobling e Koskela, 1996; Nieceza e Metcalfe, 1997), ciprinídeos (Bastrop et al., 1991) e outras espécies, como o "artic charr" (*Salvelinus alpinus*) (Miglavš e Jobling, 1989) e o híbrido de "sunfish" (*Lepomis macrochirus*), por Hayward et al. (1997). Entretanto, informações sobre respostas de peixes tropicais à privação alimentar são incipientes.

Atualmente, uma das espécies mais produzidas é o tambaqui, um dos peixes mais importantes para a economia nacional. Estudos de estratégias alimentares buscando o crescimento compensatório na criação do tambaqui são necessários.

1.2 Restrição alimentar e o metabolismo

Para sobreviver a períodos de restrição alimentar os peixes mobilizam suas reservas energéticas, situação em que se exigem adaptações metabólicas e ajustes intraespecíficos os quais são dependentes de fatores como idade, severidade do jejum e estado nutricional (Navarro e Gutiérrez 1995).

Durante privação alimentar, a demanda da energia de manutenção pode equilibrar a taxa metabólica basal, que, induzirá um decréscimo na exigência de manutenção corporal (O'Donovan, 1984; Ryan, 1990). Estudos têm demonstrado que a privação alimentar pode resultar na diminuição dos estoques corporais de nutrientes para a manutenção do peixe (Quinton e Blake, 1990; Bastrop et al. 1991; Souza et al. 2000).

O fígado e o músculo são as principais fontes de acúmulo de energia, liberando substratos para a manutenção dos processos vitais (Hornick et al. 2000). Assim, a redução de energia que ocorre durante a restrição alimentar indica que os vários constituintes do corpo podem ser mobilizados em diferentes taxas e que, estes substratos, podem ser utilizados de formas diferentes nos diversos tecidos do corpo (Weatherley e Gill 1987).

A função básica do metabolismo de carboidratos é a manutenção da glicemia. (Newgard et al. 1983). No período de privação alimentar a glicose pode ser produzida a partir da glicogenólise, quebra do glicogênio, ou ainda a partir da gliconeogênese (Black e Love

1986). A gliconeogênese é a rota responsável pela síntese de glicose de novo e síntese de glicogênio a partir de precursores não glicídios como lactato, aminoácidos e glicerol (Moon 1988). Porém, nos animais alimentados normalmente a gliconeogênese é poupada, sendo ativada apenas durante o jejum, principalmente quando há diminuição nos estoques de glicogênio no fígado (Suarez e Mommsen 1987).

A principal fonte de armazenamento de carboidrato no fígado é em forma de glicogênio, sendo que sua deposição ocorre também no músculo (Gillis e Ballantyne 1996). Em diversas espécies de peixe, o glicogênio é requerido no início da restrição alimentar, mas o grau de redução varia muito entre as espécies, desde uma rápida glicogenólise até uma parcial ou quase completa proteção das reservas de glicogênio durante o jejum (Sheridan e Mommsen 1991).

O glicogênio muscular é mais prontamente requerido para trabalho de alta intensidade, como rápida locomoção, sendo rapidamente quebrado a lactato (Stevens e Black 1966). Esta fonte de glicogênio também pode ser usada em condições extremas de privação de alimento (Navarro et al.1992; Navarro e Gutiérrez 1995).

Logo que as reservas de glicogênio hepático são praticamente esgotadas, as proteínas são mobilizadas do músculo (Meton et al.2003). Pois a tendência geral é conservar a proteína corporal, à custa dos estoques de lipídio e glicogênio (Weatherley e Gill 1987). Desta forma, as reservas de proteína são poupadas no início do jejum, e a proteólise ocorre somente quando as demais reservas disponíveis são amplamente consumidas (Navarro e Gutierrez 1995).

O fator de condição, índice que verifica o grau de hígidez do peixe correlacionando valores de peso e comprimento, é um dos mais importantes parâmetros utilizados para inferir sobre o estado fisiológico dos peixes (Salam e Davies 1994). Este índice permite avaliar o grau de atividade alimentar de uma espécie, verificando se ela está ou não fazendo bom uso da fonte nutricional (Mihelakakis et al. 2002). Vários estudos de privação alimentar têm utilizado o fator de condição para diferenciar os peixes alimentados dos que foram submetidos à restrição (Gaylord e Gatlin III, 2000; Ituassú et al. 2004; Palma et al. 2010).

Os peixes utilizam o alimento, inicialmente para suprir as necessidades energéticas de manutenção dos processos vitais e para repor o catabolismo do tecido e, somente depois, para o crescimento (Hepher, 1988). Estudos têm demonstrado que mesmo nessas situações, em que o metabolismo energético se altera, desde que restabelecidas algumas condições, como o retorno da disponibilidade ou frequência de alimentos, algumas espécies de peixes apresentam um rápido crescimento compensatório (Dobson e Holmes, 1984; Jobling et al. 1993).

Como tambaqui é uma espécie de águas essencialmente tropicais, de hábito alimentar onívoro e que tem sido a espécie nativa mais cultivada em pisciculturas de todo o país, viu-se a necessidade de estudar a estratégia metabólica utilizada por este peixe quando submetido a períodos de restrição alimentar e a possibilidade de compensação de eventuais prejuízos no crescimento durante esses períodos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos da restrição alimentar e da realimentação sobre o crescimento e o metabolismo energético de juvenis de tambaqui *Colossoma macropomum*.

2.2 Objetivos específicos

- 1.** Avaliar o desempenho produtivo dos juvenis de tambaqui após períodos de jejum;
- 2** Avaliar o efeito da restrição alimentar sobre o crescimento compensatório de juvenis de tambaqui;
- 3** Analisar o efeito do Jejum sobre o metabolismo energético dos juvenis de tambaqui.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Aquacultura Continental (LAC) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG) durante os meses de abril a maio de 2014.

Os juvenis de Tambaqui utilizados nesse estudo eram de seis meses de idade, provenientes de reprodutores selvagens mantidos em cativeiro na Fazenda São Judas Tadeu, localizada na rodovia AM 010, km 110, Rio Preto da Eva, Amazonas. Foram transportados, ainda alevinos, via aérea, para o município de Rio Grande, RS, e passaram por um período de aclimação às condições experimentais no LAC. Os peixes foram dispostos em 12 tanques de polipropileno com volume útil de 250 litros de água doce constantemente aerada e mantida a $26\pm 0.9^{\circ}\text{C}$, sob sistema fechado de recirculação de água, dotados de dois filtros mecânico (areia e brita) e biológico (um para cada 6 tanques), sob fotoperíodo natural. A alimentação consistiu em ração extrusada (32% PB) a 3% da biomassa por dia, duas vezes ao dia (9:00 e 17:00 h).

3.1 Delineamento experimental

Após o período de aclimação, 420 peixes (peso médio de 65.8 ± 12.76 g e comprimento padrão médio de 11.7 ± 1.06 cm), foram distribuídos aleatoriamente em 12 tanques ($n= 35$ peixes/tanque). Ao total foram avaliados quatro tratamentos com três repetições: Controle (C) - peixes alimentados até a saciedade, duas vezes por dia durante todo o experimento. Os outros três grupos foram submetidos a três períodos de jejum: uma semana (J1), duas semanas (J2) e três semanas (J3). Durante o jejum os tanques correspondentes foram isolados do sistema de recirculação e permaneceram aerados. Após o jejum, o sistema foi religado e todos foram alimentados até a saciedade, duas vezes por dia durante o período de realimentação, por mais duas semanas, seguindo modelo adaptado de Barcellos et al. (2010). A ração comercial utilizada foi extrusada, 28% PB, marca SUPRA®.

A privação alimentar foi sincronizada de modo que o final do período de jejum ocorreu em todos os grupos na semana 3 (Figura 2).

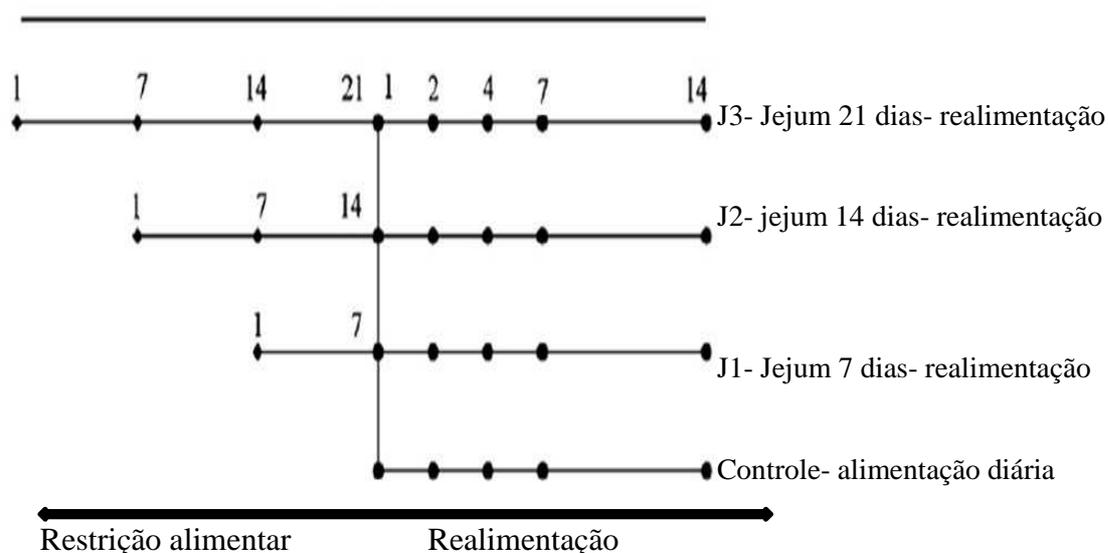


Figura 2- Representação esquemática de jejum e de realimentação utilizado durante o experimento. Adaptado de Barcellos et al. 2010. Os pontos sobre a reta indicam datas de biometria e coleta de material biológico para análises.

Foram realizados diariamente, a medição dos parâmetros de qualidade da água (oxigênio dissolvido, temperatura e pH) e semanalmente a análise dos nitrogenados (amônia e nitrito) do sistema de criação (tabela 1). A limpeza dos filtros foi realizada semanalmente e diariamente foi feito a limpeza dos tanques através de sifonagem dos resíduos de cada unidade experimental.

Tabela 1 Parâmetros físicos e químicos da água após diferentes períodos de jejum e realimentação. (Temp= Temperatura, O2D= oxigênio dissolvido, N-AT= amônia, N-NO2= nitrito)

Parâmetros	C	J1	J2	J3
Temp. (°C)	27,6±0,9	27,8±0,6	27,6±0,9	27,7±0,4
O2D (mg/L)	7,5±0,9	7,6±0,9	7,7±0,9	7,5±1,0
pH	7,9±0,3	7,9±0,2	7,9±0,35	7,9±0,2
N-AT (mg/L)	0,6±0,6	0,5±0,6	0,6±0,2	0,8±0,3
N-NO2 (mg/L)	0,02±0,1	0,1±0,3	0,1±0,2	0,1±0,2

Valores médios (média±DP). C= controle, alimentação sem interrupção, J1, J2 e J3, jejum de uma, duas e três semanas, respectivamente, seguidos de duas semanas de realimentação.

3.2 Parâmetros zootécnicos

Foram realizadas biometrias no início do experimento, ao final do período de restrição alimentar, e nos dias 2, 4, 7 e 14 da realimentação, anestesiando-se três peixes de cada unidade experimental com benzocaína (10 mg L^{-1}) e mensurando-se individualmente o peso corporal (precisão 0,01 g), e o comprimento total. A partir dos dados coletados, foram calculados, os seguintes índices:

- Ganho de peso: $GP \text{ (g)} = \text{peso final (g)} - \text{peso inicial (g)}$;
- Taxa de crescimento específico: $TCE \text{ (\%)} = 100 \times [(\ln \text{ peso final (g)} - \ln \text{ peso inicial total (g)}) / \text{período experimental}]$;
- Fator de condição: $FC = 100 \times [\text{peso}/(\text{comprimento total})^3]$

3.3 Metabólicos intermediários

Amostras de sangue foram retiradas em cada coleta (fim da restrição alimentar e 2, 4, 7 e 14 dias de realimentação) por punção caudal, utilizando-se seringas heparinizadas. O plasma foi separado por centrifugação a 2600 rpm durante 15 minutos, e posteriormente congelado em ultrafreezer (-80°C). A glicose foi analisada imediatamente após a coleta de sangue, por meio de um glicosímetro digital Accu-Chec Active Roche Diagnostic®. Os resultados que foram obtidos com as tiras- teste, corresponderam à concentração de glicose sanguínea em mg/dL de sangue.

Após a coleta de sangue os peixes foram eutanasiados por rompimento da medula para serem retiradas amostras de fígado e músculo para determinação de glicogênio (Bidinotto et al 1997). Para o cálculo do índice hepatossomático (IHS) foi usado a seguinte fórmula:

- $IHS \text{ (\%)} = (\text{peso do tecido hepático} / \text{peso corporal total}) \times 100$

:

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos a testes de normalidade (Kolmogorov-Smirnov) e homocedasticidade, para posteriormente serem analisados através de Análise de Variância, uma via para os parâmetros zootécnicos e de duas vias para os resultados das análises dos metabólicos intermediários. As médias obtidas foram comparadas através do teste de Tukey ($p < 0,05$). Todas as análises dos dados foram feitas por meio dos softwares SAS 9.1 (System Analysis Statistical)

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros zootécnicos

Ao final do experimento a sobrevivência foi de 100% para todos os tratamentos. Os demais valores médios dos índices de desempenho zootécnico dos juvenis de tambaqui durante o período experimental estão descritos na tabela 2.

Tabela 2 Índice de desempenho produtivo de juvenis de tambaqui submetidos a diferentes períodos de restrição alimentar seguidas de 2 semanas de realimentação. (PF1= peso no final do período de restrição alimentar, PF2 = peso no final do período de realimentação, GP= ganho de peso, TCE= taxa de crescimento específico e K = fator de condição).

Parâmetros	Regime alimentar			
	C	J1	J2	J3
PF1 (g)	131,9±10,76 ^a	102,7±16,13 ^b	93,3±14,35 ^b	69,4±10,96 ^c
PF2 (g)	133,3±16,2 ^b	128,7±14,49 ^b	152,1±18,90 ^a	76,7±10,58 ^c
GP (g)	70,25±12,62 ^b	66,2±12,41 ^b	89,6±14,35 ^a	14,2±12,98 ^c
TCE (%)	2,16±0,63 ^a	2,03±0,76 ^a	2,54±0,78 ^a	0,58±0,49 ^b
K	2,2±0,51	2,03±0,48	1,90±0,62	1,92±0,46

Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre os tratamentos (Teste Tukey, $P < 0,05$), média±DP, n=9 por tratamento. C= controle, alimentação sem interrupção; J1, J2 e J3 = jejum de uma, duas e três semanas, respectivamente, seguidos de duas semanas de realimentação.

O peso corporal, ao final da privação alimentar, apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($P < 0,05$) conforme descrito na tabela 1. Nesta ocasião, os peixes do tratamento controle tinham um peso médio de 131,9 g, enquanto que os demais peixes do

tratamento J1 (privação alimentar por 1 semana), J2 (privação alimentar por 2 semanas), J3 (privação alimentar por 3 semanas) tinham 77.8%, 70.7% e 48.8% do peso corporal dos peixes do controle, respectivamente.

Neste estudo, notou-se diferença significativa ($p > 0.05$) de peso final e ganho de peso e taxa de crescimento específico dos peixes realimentados após jejum de 7 e 14 dias. Foi verificado nos animais submetidos a uma semana de jejum (J1) compensação total de crescimento, atingindo valores médios semelhantes ao grupo controle. Os peixes submetidos a duas semanas de jejum (J2) obtiveram sobre compensação no crescimento, pois registraram maior peso final e conseqüentemente maior ganho de peso do que nos demais tratamentos, superando o grupo controle no qual recebeu alimento até a saciedade durante todo o período experimental. Porém quando os animais foram submetidos a 3 semanas de restrição alimentar (J3), a compensação total de crescimento não ocorreu em duas semanas de realimentação, tendo obtido compensação parcial. O peso final no J3 não alcançou o mesmo valor dos animais que não sofreram restrição alimentar (C).

A compensação parcial dos peixes que foram submetidos a três semanas de jejum (redução no peso corporal de 48 % no tratameto J3 em comparação ao tratamento controle) está de acordo com estudos de Tian e Qin (2003) e Wang et al. (2000), que verificaram que uma vez que a massa corporal dos peixes submetidos a restrição alimentar cai abaixo de 60% do peso dos peixes alimentados, fica praticamente impossível ocorrer compensação total de crescimento.

Vários autores sugerem que o peso dos peixes durante a restrição alimentar seja mantido à custa da hidratação dos tecidos (Love 1980; Johnston e Coldspink 1973; Kim e Lovell 1995; Souza et al. 2000), ou seja, aumenta o conteúdo de água para compensar a perda de matéria orgânica. Os peixes tem que se acostumar primeiro com a alimentação intermitente antes de serem capazes de compensar totalmente a falta de alimento durante longos períodos de jejum, e, para que ocorra recuperação total do crescimento, o período de realimentação deve ser muito maior que o período de jejum (Nikki et al. 2004).

O jejum de 7 e 14 dias não foi considerado severo ao ponto de resultar em limitada capacidade de crescimento compensatório e/ou perda de crescimento dos peixes, pois os juvenis de tambaqui exibiram crescimento compensatório total após 14 dias de realimentação até a saciedade.

Outros autores já mostraram que o crescimento compensatório pode ser alcançado em espécies nativas. Souza (2003), estudando crescimento compensatório de juvenis de pacu,

observou crescimento compensatório total após diferentes ciclos de restrição alimentar, no período de realimentação. De acordo com Saita (2011) juvenis de pacu alcançam crescimento compensatório mesmo após quatro semanas de restrição alimentar, seguidas de duas semanas de realimentação. Ribeiro (2007) verificou que juvenis de robalo exibem crescimento compensatório, caso fiquem até duas semanas de jejum, seguidas de três a quatro semanas de realimentação.

Compensação total de crescimento após períodos de jejum já foi relatado em um grande numero de peixes de água fria, como a truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Dobson e Holmes 1984), o “turbot”, *Scophthalmus maximus* (Saether e Jobling 1999) e o “minnow”, *Phoxinus phoxinus* (Zhu et al. 2001). Pesquisas em crescimento compensatório para espécies de peixes de água tropical relatam que distintos resultados foram encontrados. Por exemplo, observou-se sobre-compensação para o “hybrid sunfish”, *Lepomis cyanellus* X *L. macrochirus* (Hayward et al. 1997), compensação total para o pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Souza et al. 2000) e não compensação para a carpa comum, *Cyprinus carpio* (Schwarz et al. 1985). A grande variação nos resultados pode ser atribuída, à diversidade de protocolos utilizados nos estudos, a variações fisiológicas entre as espécies e à severidade da privação alimentar (Ribeiro 2007).

No presente estudo o fator de condição não sofreu diferença significativa entre os tratamentos, devido ao fato do jejum de 7, 14 e 21 dias não ter ocasionado significativa ($p > 0,05$) perda de peso dos peixes e mobilização das reservas energéticas para suprir a demanda metabólica durante este período. O mesmo foi observado nos juvenis de tambaquis mantidos em restrição alimentar por 28 dias, seguidos de uma semana de realimentação onde o fator de condição não foi alterado significativamente com a restrição (Ituassú et al 2004). Diferentemente, Gonçalves (2001) observou que o fator de condição foi inferior nos pacus submetidos a 22 dias de jejum, comparado aos peixes que foram realimentados.

4.3 Parâmetros do metabolismo intermediário

O índice hepatossomático apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), e nos tempos de amostragem. No período de realimentação ocorreram as maiores médias comparada com o período de restrição alimentar (Tabela 3).

Maiores valores do IHS foram encontrados no período de realimentação dos peixes em estudo. Essa redução no IHS no período de restrição alimentar, foi acompanhada pela

diminuição nos valores de glicogênio hepático (tabela 4), indicando que o organismo possivelmente acionou os processos de gliconeogênese.

Tabela 3 Índice hepatossomático de juvenis de tambaqui submetidos a diferentes regimes alimentares.

Tratamentos	Restrição alimentar	Período de realimentação			
	Fim do Jejum	2 dias	4 dias	7 dias	14 dias
C		3.14±0.41 ^{Aa}			
J1	0.91±0.40 ^{Cb}	1.60±0.43 ^{Bc}	2.94±0.58 ^{Aab}	2.98±0.40 ^{Aa}	3.46±0.30 ^{Aa}
J2	1.09±0.22 ^{Cb}	2.28±0.93 ^{Bbc}	2.85±0.33 ^{ABab}	2.70±0.54 ^{Aa}	2.93±0.41 ^{Ab}
J3	0.86±0.25 ^{Db}	2.46±0.51 ^{Cab}	2.53±0.40 ^{Cb}	2.79±0.41 ^{BCa}	3.45±0.30 ^{Aa}

Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa no mesmo tratamento ao longo do tempo; letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta (Teste Tukey, $P < 0,05$) média±DP, n=9 por tratamento. C = controle, alimentação sem interrupção; J1, J2 e J3 = jejum de uma, duas e três semanas, respectivamente, seguidos de duas semanas de realimentação.

Os efeitos da privação alimentar variam de acordo com a espécie, no tipo de reserva empregada e do tecido no qual estas reservas estão depositadas (Silva et al.1997). Em teleósteos os principais depósitos de reservas energéticas estão no fígado (Collins e Anderson 1995; Rios 2002). Mudanças na morfologia empregada nos tecidos durante o jejum são geralmente atribuídas ao catabolismo de glicogênio, lipídio e proteínas (Collins e Anderson 1995). Todas essas alterações podem levar a uma redução da condição física, da eficiência alimentar e ao aumento da heterogeneidade no tamanho dos peixes (Ellis et al.2002).

Neste estudo, notou-se que as reservas energéticas do fígado durante o jejum de 7, 14 e 21 dias foram mobilizadas a ponto de causar redução ou variação no tamanho do fígado, como observado pelos valores de IHS (tabela 3). De acordo com essas informações, sugere-se que o IHS possa ser avaliado como um modelo de resposta ao jejum e realimentação em peixes na fase juvenil, permitindo, assim, uma estimativa mais precisa do período de jejum necessário para que as reservas energéticas sejam utilizadas sem causar danos no desempenho dos peixes.

Em peixes, o índice hepatossomático (IHS) é uma relação que demonstra a alocação de energia para o fígado, sendo este órgão capaz de armazenar grandes quantidades de lipídios e glicogênio como reserva energética (Germam e Kozlovskaya 2001). Algumas espécies da região amazônica, como o tambaqui, ingerem sementes em maior quantidade no período das cheias, aumentando assim o glicogênio hepático e o índice hepatossomático. Esse estoque fornece energia necessária ao organismo durante a estiagem, quando há redução da oferta de alimentos (Saint-Paul 1984), o que ocasiona alterações na quantidade de glicogênio disponível tanto no fígado como em outros tecidos. Além disso, alterações nos valores de glicose sanguínea, no fígado e no músculo são importantes ferramentas para entender os processos que regulam o controle energético durante o período de restrição alimentar e de realimentação.

No período de restrição alimentar, baixos valores do índice hepatossomático podem estar associados ao uso do estoque de gordura e glicogênio necessários para a manutenção da homeostasia (Cyrino et al. 2000; Navarro et al. 2006). Trabalhos com bagre de canal *Ictalurus punctatus* evidenciam uma queda significativa ($p < 0,05$) nos valores de IHS, demonstrando que os estoques de energia do fígado foram rapidamente mobilizados após dois dias de jejum, permanecendo baixos até a realimentação (Gaylord e Gatlin III, 2000). No geral, o IHS está primariamente relacionado com a movimentação dos estoques de glicogênio hepático, como acompanhado em *Sparus aurata* após jejum de 18 dias, demonstrando drásticas reduções das concentrações de glicogênio hepático e do IHS (Méton et al. 2003).

Souza et al. (2002) trabalhando com juvenis de pacu, verificou uma ligeira diminuição do IHS durante a restrição alimentar, indicando utilização quase instantânea dos estoques de energia. Quando realimentados esses estoques são reestabelecidos, chegando, algumas vezes, a exceder os dos peixes continuamente alimentados. Durante o período de jejum, acontece a mobilização do glicogênio, para liberação de glicose, como combustível para o sistema nervoso central, para suprir, na medida do possível, as necessidades oxidativas de outros tecidos, além da degradação de proteínas e aminoácidos (catabolismo) (Berne e Levy 2000).

A Tabela 4 apresenta os valores médios dos metabólitos plasmáticos e teciduais em juvenis de tambaqui durante o jejum alimentar de 7, 14 e 21 e posterior realimentação (14 dias).

Tabela 4 Valores médios dos metabólitos intermediários em juvenis de tambaqui submetidos a diferentes regimes alimentares

Parâmetros metabólicos	Tratamentos	Fim da Restrição	Período de realimentação			
		Jejum	2 dias	4 dias	7 dias	14 dias
Glicose (mg dL ⁻¹)	C	59.22±10.67 ^{Aa}	59.22±10.67 ^{Aa}	59.22±10.67 ^{Aa}	59.22±10.67 ^{Aa}	59.22±10.67 ^{Aa}
	J1	43.11±5.57 ^{Cb}	52.88±6.75 ^{ABCab}	55.44±9.2 ^{ABa}	48.5±10.1 ^{BCb}	48±9,27 ^{BCa}
	J2	48.88±8.99 ^{Bab}	49.66±9.92 ^{Bb}	65±16.68 ^{Aa}	55,4±5,4 ^{ABab}	54±9,4 ^{ABa}
	J3	38.8±3.3 ^{Cb}	48±5.22 ^{BCb}	55.66±8.76 ^{ABa}	53.88±5.23 ^{ABab}	49,8±9,1 ^{Ba}
Glicogênio hepático (m mol glucose g ⁻¹)	C	29.30±9.74 ^a	29.30±9.74 ^a	29.30±9.74 ^a	29.30±9.74 ^b	29.30±9.74 ^b
	J1	5.68±1.09 ^{Cb}	46.35±22.83 ^{Ba}	38.28±8.38 ^{Ba}	95.91±18.75 ^{Aa}	96.35±18.03 ^{Aa}
	J2	9.25±2.27 ^{Cb}	20.51±6.92 ^{BCb}	31.99±8.84 ^{ABab}	39.93±8.44 ^{Ab}	34.48±7.10 ^{Ab}
	J3	6.61±1.89 ^{Cb}	23.08±4.69 ^{Bb}	28.55±3.21 ^{Bb}	35.16±5.82 ^{ABb}	40.67±5.51 ^{Ab}
Glicogênio muscular (m mol glucose g ⁻¹)	C	0.83±0.22 ^a	0.83±0.22 ^a	0.83±0.22	0.83±0.22	0.83±0.22 ^a
	J1	0.6±0.14 ^{ab}	0.64±0.31 ^{ab}	0.51±0.11 ^a	0.76±0.15 ^a	0.73±0.13 ^{ab}
	J2	0.55±0.13 ^{ABab}	0.55±0.18 ^{ABab}	0.47±0.08 ^{Ba}	0.87±0.18 ^{Aa}	0.76±0.24 ^{ABab}
	J3	0.41±0.11 ^{Bb}	0.45±0.09 ^{Bb}	0.51±0.05 ^{Bba}	0.53±0.08 ^{Ba}	0.44±0.05 ^{Bb}

Letras maiúsculas diferentes indicam diferença significativa no mesmo tratamento ao longo do tempo; letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta (Teste Tukey, P<0,05) média±DP, n=9 por tratamento. C = controle, alimentação sem interrupção; J1, J2 e J3 = jejum de uma, duas e três semanas, respectivamente, seguidos de duas semanas de realimentação.

Os níveis de glicose variaram de acordo com o tempo de amostragem e os tratamentos, tendo diferença estatística significativa (p<0,05). Os menores valores foram observados nos peixes submetidos a restrição alimentar, independente do tempo de jejum. Contudo, a partir de quatro dias de realimentação se observou recuperação dos níveis de glicose, os quais se nivelaram ao nível encontrado no controle (59.22±10.67 mg dL⁻¹).

O nível de glicose dos animais no período de restrição alimentar teve valores reduzidos, em relação ao período de realimentação, pode-se perceber que a redução da glicose foi pequena quando comparada com a diferença de valores de glicogênio hepático durante o período experimental, o que sugere uma mobilização do glicogênio hepático para sustentar os valores glicêmicos durante o período de privação alimentar. A reserva de glicogênio hepático dos animais submetidos à restrição aumentou significativamente (p < 0,05) quando realimentados durante duas semanas, em todos os tratamentos, a partir do segundo dia de realimentação, evidenciando que, mesmo após três semanas de jejum, os tambaquis conseguem alcançar novamente os valores da reserva energética endógena anterior ao processo de restrição alimentar, após duas semanas de realimentação.

Durante o período de jejum, acontece a mobilização do glicogênio, para liberação de glicose, como combustível para o sistema nervoso central, para suprir, na medida do possível, as necessidades oxidativas de outros tecidos, além da degradação de proteínas e aminoácidos (catabolismo) (Berne e Levy 2000).

No estudo de Souza et al. (2000), com restrição alimentar de juvenis de pacus, não foram observadas diferenças significativas na glicemia entre os grupos continuamente alimentados e os submetidos à restrição alimentar por longos períodos (60 dias), divergindo dos dados encontrados no presente estudo.

Existem três processos que podem explicar a manutenção de glicose: 1- diminuição geral do metabolismo; 2- mobilização do glicogênio, que ocorre quando uma grande demanda energética é produzida, como no início do jejum; 3- síntese de glicose a partir de substratos gliconeogênicos (Blasco et al. 1992).

A variedade de resultados quanto à resposta glicêmica ao período de restrição alimentar pode ser atribuída a diferentes fatores como: espécie, temperatura, migração, desova e condições nutricionais (Saita 2011). Foi observada hipoglicemia em *Anguilla anguilla* (Larsson e Lewander, 1973), *Dicentrarchus labrax* (Zammit e Newsholme 1979; Echevarría et al. 1997), *Gadus morhua* (Black e Love 1986), *Perca flavescens* (Foster e Moon 1991), *Cyprinus carpio* (Blasco et al. 1991) e *Salmo trutta fario* (Navarro et al. 1992). Já Sheridan e Mommsen (1991) observaram hiperglicemia em *Oncorhynchus kisutch* após uma semana de jejum, com estabilização dos níveis normais após três semanas. A diferença estatística nos valores médios de glicose nos animais durante o período de restrição e após a realimentação reforça a ideia de que a glicose é um fator limitante em termos de exigência energética.

Neste estudo, a reserva de glicogênio hepático dos animais submetidos à restrição aumentou significativamente ($p < 0,05$) quando realimentados durante duas semanas, em todos os tratamentos, a partir do segundo dia de realimentação. Mesmo após três semanas de jejum, os tambaquis conseguem alcançar novamente os valores da reserva energética endógena, semelhantes aos anteriores ao processo de restrição alimentar, após duas semanas de realimentação.

Geralmente, a primeira reserva energética a ser mobilizada para manter a glicemia sanguínea durante a restrição alimentar é o glicogênio hepático (Navarro e Gutiérrez 1995). Em períodos curtos de restrição alimentar, em alguns casos, o glicogênio hepático pode exibir alterações na sua concentração (Santos 2011). Barcellos et al. (2010) trabalhando com restrição alimentar de juvenis de *R. quellen*, evidenciaram uma recuperação parcial e próximo

aos níveis normais de glicogênio hepático após dois dias de realimentação, sugerindo que o reabastecimento das reservas de carboidratos no fígado é uma clara indicação da importância de restaurar as reservas de glicogênio hepático para suprir a demanda de energia frente a períodos de estresse nutricional.

Santos (2011) constatou em matrinxã, *Brycon amazonicum*, que, após um período de 20 dias de jejum o glicogênio hepático aumentou significativamente em relação ao grupo que recebeu alimento constante e após 40 dias de realimentação houve queda nas concentrações de glicogênio.

Aumento nos níveis de glicogênio hepático também foi relatado por Nagai e Ikeda (1971), que constataram, em *Cyprinus carpio*, que após um período de 22 dias de jejum o glicogênio hepático aumentou de 8,5% para 10,65%, enquanto os valores de glicose no sangue flutuaram amplamente (3,2-6,6 mmol/l). Isto implica: (1) que o glicogênio não está servindo como uma fonte imediata de glicose no sangue ou (2) gliconeogênese está operando para atender a demanda de glicose.

O glicogênio muscular se manteve baixo, principalmente nos peixes submetidos a três semanas de privação alimentar (J3), no qual notou-se diferença significativa ($p < 0,05$) em comparação ao demais tratamentos. Esses resultados sugerem um esgotamento do glicogênio hepático no grupo J3, iniciando a mobilização do glicogênio muscular para suprir os níveis de energia e manter a homeostase do organismo.

O glicogênio muscular dá apenas uma pequena contribuição para o gasto energético total e sua mobilização está provavelmente mais relacionada com um aumento na atividade muscular do que com o processo de jejum (Navarro e Gutiérrez, 1995). O glicogênio muscular pode ser mobilizado para suprir o déficit energético no organismo, sendo em menor magnitude que o hepático (Black e Love 1986; Foster e Moon 1991; Navarro et al. 1992). Neste sentido, a maioria dos trabalhos indica que o glicogênio muscular é utilizado somente após o esgotamento do glicogênio hepático (Jobling 1994).

No presente estudo foi constatado que o glicogênio muscular havia sido acionado para mobilização de demanda energética nos animais que sofreram três semanas de jejum, provavelmente após o glicogênio hepático ter chegado muito próximo do esgotamento. O mesmo foi observado por Santos (2011), que constatou que após 20 dias de restrição alimentar de *Brycon amazonicum* houve redução significativa do glicogênio muscular.

Estes resultados contrapõem com os encontrados por Barcellos et al. (2010) em estudos com *Rhamdia quelen*, nos quais passaram por um período de 21 dias de jejum, com o glicogênio muscular mantendo-se inalterado durante a maior parte do período de jejum.

A variação dos níveis de glicogênio muscular em trabalhos com diferentes espécies de peixes sugere que o mesmo tem um papel funcional no metabolismo energético. O esgotamento tardio do glicogênio muscular sugere que o mesmo é uma fonte secundária de energia em períodos de restrição alimentar.

5- CONCLUSÃO

O tambaqui é capaz de demonstrar crescimento compensatório. Assim, para uma compensação total de crescimento, juvenis de tambaqui podem ser submetidos à no máximo, duas semanas de jejum, seguidas de duas semanas de realimentação.

O tambaqui tem habilidade para promover ajustes fisiológicos nos parâmetros do metabolismo energético, que permitem manter a homeostase até duas semanas de restrição alimentar.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFFONSO, EG. POLEZ, VLP. CORRÊA, CF. MAZON, AF. ARAÚJO, MRR. MORAES, G. RANTIN, FT. 2002. Blood parameters and metabolites in the teleost fish *Colossoma macropomum* exposed to sulfide or hypoxia. *Comp. Biochem. Physiol.* 133: 375-382.
- ALI, M. NICIEZA, A. WOOTTON, RJ. 2003. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. *Fish and Fisheries.* 4: 147-190.
- ALI, M. e WOOTTON, RJ. 2001. Capacity for growth compensation in juvenile three-spined sticklebacks experiencing cycles of food deprivation. *J. Fish Biol.* 58: 1531-1544
- ALI, M. e JAUNCEY, K.. 2004. Evaluation of mixed feeding schedules with respect to compensatory growth and body composition in African catfish *Clarias gariepinus*. *Aquaculture nutrition.* 10: 39-45
- ARAÚJO, LD, CHAGAS, EC. GOMES, LC. BRANDÃO, FR. 2004. Efeito de banhos terapêuticos com formalina sobre indicadores de estresse em tambaqui. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF.* 39: 217-221.
- ARAÚJO-LIMA, C. e GOULDING, M. 1997. So fruitful a Fish: ecology, conservation and aquaculture of the Amazon's tambaqui. New York: Columbia University Press, 191 p.
- ARIDE, PHR. ROUBACH, R. VAL, AL. 2007. Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. *Aquaculture Research.* 38: 588-594.
- BARCELLOS, LJG. MARQUEZE, A. TRAPP, M. QUEVEDO, R.M. FERREIRA, D. 2010. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundiá *Rhandia quelen*. *Aquaculture.* 300: 231-236.
- BASTROP, R. SPANGENBERG, R. JURSS, K. 1991 Biochemical adaptation of juvenile carp (*Cyprinus carpio* L.) to food deprivation. *Comp. Bioc. and Phys. – Part A: Mol. e Int. Phys.* 98: 143-149.
- BÉLANGER, F. BLIER, PU. DUTIL, JD. 2002. Digestive capacity and compensatory growth in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fish Physiol. and Biochem., Netherlands.* 58: 1531-1544.
- BERNE, RM. e LEVY, MN. 2000. *Fisiologia.* Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 4ed. 1034p.
- BIDINOTTO, PM. SOUZA, RHS. MORAES, G. 1997. Glycogen and glucose in eight tropical freshwater teleost Fish: a procedure for field determinations of micro samples. *Bol. Tec. CEPTA. Pirassununga.* 10: 53-60.

- BLACK, D. e LOVE, RM. 1986. The sequential mobilization and restoration of energy reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *J. Comp. Physiol.* 156, Part B: 469-479.
- BLASCO, J. FERNANDEZ, J. GUTIERREZ. J. 1992. Fasting and refeeding in carp, *Cyprinus carpio* L.: the mobilization of reserves and plasma metabolite and hormone variations. *J. Comp. Physiol.* 162: 539-546.
- BLASCO, J. FERNANDEZ, J. GUTIÉRREZ, J. 1991. The effects of starvation and refeeding on plasma amino acids levels, *Cyprinus carpio* L., 1758. *Journal Fish Biology*, 38: 587-598.
- BORGHETTI, J.R. e CANZI, C. 1993. The effect of water temperature and feeding rate on the growth rate of pacu (*Piaractus mesopotamicus*) raised in cages. *Aquaculture*, 114: 93-101.
- BRANDÃO, FR. GOMES, LC. CHAGAS, EC. ARAÚJO, LD. 2004. Densidade de estocagem de juvenis de tambaqui durante a recria em tanques-rede. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, 39: 357-362.
- BRITSKI, HA. 1977. Sobre o gênero *Colossoma* (Pisces, Characidae). *Ciência e cultura*, 29: 810.
- CAMARGO, ACS. ZAIDEN, SF. URBINATI, EC. 2008. Desenvolvimento gonadal de fêmeas de matrinxã, *Brycon amazonicus*, submetidas a restrição alimentar. *Ciência Rural*. 38: 1105-1110.
- CARVALHO, ES. GOMES, LC. BRANDÃO, FR. CRESCÊNIO, R. CHAGAS, EC. ANSELMO, AAS. 2009. Uso do probiótico Efinol durante o transporte de tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte. 61: 1322-1327.
- CHAGAS, EC. GOMES, LC. JUNIOR, HM. ROUBACH, R. 2007. Produtividade de tambaqui criado em tanque-rede com diferentes taxas de alimentação. *Ciencia rural*, Santa Maria. 37: 1109-1115.
- CHAGAS, EC. e VAL, AL. 2006. Ascorbic acid reduces the effects of hypoxia on the Amazon Fish tambaqui. *Journal of Fish biology*. 69: 608-612.
- CHATAKONDI, NG. e YANT, RD. 2001. Application of compensatory growth to enhance production in channel catfish *Ictalurus punctatus*. *J. World Aquacult Soc.* 36: 508-514.
- CHO, SH. LEE, S. PARK, BH. JI, S. LEE, J. BAE, J. OH, SY. 2006. Compensatory growth of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* L., and changes in proximate

- composition and body condition indices during fasting and after refeeding in summer season. *Journal of the World Aquaculture Society*. 37: 168-174.
- COLLINS, AL. e ANDERSON, TA. 1995. The regulation of endogenous energy stores during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. *Journal of Fish Biology*. 47: 1004-1015.
- CRESCÊNIO, R. 2005. Ictiofauna brasileira e seu potencial para criação. In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L. C. (Ed). *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*. Santa Maria: Ed. Da UFSM. Cap. 1. 23-33 p.
- CYRINO, JEP. PÓRTZ, L. MARTINO, RCI. 2000 Retenção de proteína e energia em juvenis de "Black Bass" *Micropterus Salmoides*. *Sci Agric*. 57: 609-616
- DOBSON, SH. e HOLMES, RM. 1984 Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish Biol*. 25: 649-656.
- ECHEVARRÍA, G. MARTÍNEZ-BEBÍA, M. ZAMORA, S. 1997. Evolution of biometric índices and plasma metabolites during prolonged starvation in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L.). *Comp. Biochem. Physiol*. 118: 111-123.
- ELLIS, T. NORTH, B. SCOTH, AP. BROMAGE, NR. POTTER, GADD. 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed rainbow trout. *Journal of Fish Biology*. 61: 493-531
- EROLDOGAN, OT. KUMLU, M. SEZER, B. 2006. Effects of starvation and realimentation periods on growth performance and hyperphagic response of *Sparus aurata*. *Aquac. Res*. 37: 535-537.
- FAÇANHA, MF. GOMES, LC. 2005. A eficácia do mentol como anestésico para tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characiformes:characidae). *Acta Amazonica*, Manaus, 35: 71-75.
- FIGUEIREDO-GARUTTI, ML. NAVARRO, I. CAPILLA, E. SOUZA, RHS. MORAES, G. GUTIERREZ, J. VICENTINI-PAULINO, MLM. 2002. Metabolic changes in *Brycon cephalus* (Teleostei, Characidae) during post-feeding and fasting. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 132: 467-476.
- FOSTER, GD. MOON, TW. 1991. Hypometabolism with fasting in the yellow perch (*Perca flavescens*): a study of enzymes, hepatocyte metabolism, and tissue size. *Physiol. Zool*. 64: 259-275.
- FU, C. LI, D. HU, W. WANG, Y. ZHU, Z. 2007. Fast-growing transgenic common carp mounting compensatory growth. *J. Fish Biol*. 71, 174-185.

- GAYLORD, TG. GATLIN III, DM. 2000. Assessment of compensatory growth in channel catfish *Ictalurus punctatus* R. and associated changes in body condition indices. J. World Aqua. Soc. 31: 326-336.
- GERMAM, AV. KOZLOVSKAYA, VI. 2001. Hepatosomatic index e the biochemical composition of the liver in *Abramis brama* in the Sheksna Stretch of the Rybinsk reservoir at different levels of toxicant accumulation. Journal of Ichthyology. 41: 160-163.
- GILLIS, TE. BALLANTYNE, JS. 1996. The effects of starvation on plasma free amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. Journal of Fish Biology. 49: 1306–1316.
- GOMES, LC. e SILVA, CR. 2009. Impact of pond management on tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier), production durin growth-out phase. Aquaculture Research, Oxford. 40: 825-832.
- GOMES, LC. SIMÕES, LN. ARAUJO-LIMA, CARM. 2010. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: BALDISSEROTTO, B. GOMES, LC (Ed.). Espécies nativas para piscicultura no Brasil. 2. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 175-204 p.
- GOMES, LC. ARAÚJO-LIMA, CARM. ROUBACH, R. CHIPARI-GOMES, A. LOPES, NP. URNINATTI, EC. 2003. Effect of Fish density during transportation on stress and mortality of juvenile tambaqui *Colossoma macropomum*. Journal of the world Aquaculture Society, Baton Rouge. 34: 76-84.
- GOMES, LC. BRANDÃO, FR. CHAGAS, EC. FERREIRA, MFB. LOURENÇO, JNP. 2004. Efeito do volume do tanque–rede na produtividade de tambaqui (*Colossoma macropomum*) durante a recria. Acta Amazonica, Manaus. 34: 111-113.
- GOMES, LC. CHAGAS, EC. MARTINS-JUNIOR, H. ROUBACH, R. ONO, EA. LOURENÇO, JN. 2006. Cage culture of tambaqui (*Colossoma macropomum*) in a central Amazon floodplain lake. Aquaculture, Amsterdam. 253:374- 384.
- GOMES, LC. CHIPARI-GOMES, A. LOPES, NP. ROUBACH, R. ARAÚJO-LIMA, CAR. 2001. Efficacy of benzocaine as na anesthetic in juvenile tabaqui *Colossoma macropomum*. Journal of the World Aquaculture Society, Baton Rouge. 32: 426-431.
- GONÇALVEZ, FD. 2001. Metabolismo energético e desempenho produtivo de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), submetidos a jejum e realimentação com dietas contendo diferentes níveis de carboidrato e proteína. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista – Centro de Aquicultura da UNESP. 67 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura).

- HAMAN, F. ZWINGELSTEIN, G. WEBER, JM. 1997. Effects of hypoxia and low temperature on substrate fluxes in fish: plasma metabolite concentrations are misleading. *Am. J. Physiol. Regul. Integ. Comp. Physiol.* 273: 2046-2054.
- HAYWARD, RS. WANG, N. 2001. Failure to induce over-compensation of growth in maturing yellow perch. *J. Fish Biol.* 59: 126-140.
- HAYWARD, RS. NOLTIE, DB. WANG, N. 1997. Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. *Transactions of American Fisheries Society.* 126: 316-322.
- HEPHER, B. 1988. Nutrition of pond fishes. Cambridge: Cambridge University Press. 388 p.
- HORNICK, JL. VAN EENAEME, C. GERARD, O. DUFRASNE, I. ISTASSE, L. 2000. Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domestic Animal Endocrinology.* 19: 121-132.
- IBAMA- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVAVEIS. 2007. Estatística da Pesca: Grandes Regiões e Unidades da Federação. Ministério do Meio Ambiente –MMA., 113 p.
- IBGE- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. 2013. Produção da pecuária municipal. 41: 36-47
- ITUASSU, DR. SANTOS, GRR. ROUBACH, R. PEREIRA-FILHO, M. 2004. Growth of tambaqui submitted to different feed deprivation periods. *Pesquisa Agropecuária Brasileira.* 39: 1199-1203.
- JACOMETO, CB. BARRERO, NML. RODRIGUEZ-RODRIGUEZ, MP. GOMES, PC. POVH, JA. STREIT JUNIOR, DP. VARGAS, L. RESENDE, EK. RIBEIRO, R.P. 2010. Variabilidade genética em tambaquis (Teleostei: Characidae) de diferentes regiões do Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, DF,* 45: 481-487.
- JOBLING, M. 1994. Fish bioenergetics. London: Chapman e Hall. 309 p.
- JOBLING, M. e KOSKELA, J. 1996. Interindividual variations in feeding and growth in rainbow trout during restricted feeding and in a subsequent period of compensatory growth. *J. Fish Biol.*, 49: 658-667.
- JOHNSTON, IA. e COLDSPINK, G. 1973. Some effects of prolonged starvation on the metabolismo of red and White myotomal muscles of the plaice *Pleuronectes platessa*. *Marine Biology, London,* 19: 348-353.
- KANKANEN, M. e PIRHONEN, J. 2009. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* L. *Aquaculture,* 288: 92-97.

- KIEFFER, JD. e TUFTS, BL. 1998. Effects of deprivation on white muscle energy reserves in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): the relationships with body size and temperature. *Fish Physiology Biochemistry*, 19: 239-245.
- KIM, MK. e LOVELL, RT. 1995. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, 135: 285-293.
- LARSSON, A. e LEWANDER, K. 1973. Metabolic effects of starvation in the eel, *Anguilla anguilla* L. *Comp. Biochem. Physiol.* 44: 367-374.
- LOPERA BARRERO, NM. RIBEIRO, RR. POVH, J.A. MENDEZ, LDV. POVEDA-PARA, AR. 2011. Produção de organismos aquáticos: uma visão geral no Brasil e no mundo. Guaíba: Agrolivros, 320 p.
- LOVE, M. 1980. The chemical biology of fishes. Vol.2. London: Academic Press, 1980. 133-229 p.
- LOWE-McCONNELL, RH. 1999 Estudos Ecológicos de Comunidades de Peixes Tropicais. (Trad.: VAZZOLER, AEA. de M.; AGOSTINHO, AA.; CUNNINGHAM, PTM.). São Paulo: EDUSP. 19-38 p.
- MACKENZIE, DS. VANPUTTE, CM. LEINER, KA. 1998. Nutrient regulation of endocrine function in fish. *Aquaculture*. 161: 3-25.
- MEHNER, T. e WIESER, W. 1994. Energetics and metabolic correlates of starvation in juvenile perch (*Perca fluviatilis*). *J. Fish. Biol.* 45: 325-333.
- MELÁRD, C. BARAS, E. DESPREZ, D. 1997. Compensatory growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE 4, vol. 1, 1997, Orlando. Proceedings... Orlando: NRAES.178-185 p.
- MEROLA, N. e PAGÁN-FONT, F. A. 1988. Pond Culture of the Amazon Fish tambaqui, *Colossoma macropomum*: a pilot study. *Aquacultural Engineering*, 7: 113- 125 p.
- MEROLA, N. e SOUZA, H. 1988. Cage culture of th Amazon Fish tambaqui, *Colossoma macropomum*, at two stocking densities. *Aquaculture*, Amsterdam, 71: 15-21.
- METCALFE, NB. e MONAGHAN, P. 2001. Compensation for bad start: grow now, pay later? *Trends in Ecology e Evolution*. 16: 254-260.
- METON, I. FERNANDEZ, F. BAANANTE, IV. 2003. Short- and long-term effects of refeeding on key enzyme activities in glycolysis-gluconeogenesis in the liver of gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*. 225: 99-107

- MIGLAVS, I. e JOBLING, M. 1989. Effects of feeding regime on food-consumption, growth rates and tissue nucleic-acids in juvenile arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. *J. Fish Biol.* 34: 947-957.
- MIHELAKAKIS, A. TSOLKAS, C. YOSHIMATSU, T. 2002. Optimization of feeding rate of hatchery-produced juvenile gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Journal of the World Aquaculture Society.* 33: 169-175.
- MOON, T.W. 1988. Adaptation, constraint, and the function of the gluconeogenic pathway. *Can. J. Zool.* 66: 1059-1068.
- MORAES, G. e BIDINOTTO, P. M. 2000. Induced changes in the amylohydrolytic profile of the gut of *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1885) fed different levels of soluble carbohydrate: its correlation with metabolic aspect. *Revista de Ictiologia* 8, 47-51.
- NAGAI, M e IKEDA, S. 1971. Carbohydrate Metabolism in Fish: Effects of starvation and dietary composition on the blood glucose level and the hepatopancreatic glycogen and lipids contents in carp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 37: 404-409.
- NAVARRO, RD. SILVA, RF. RIBEIRO FILHO, OP. CALADO, LL. REZENDE, FP. SILVA, CS. SANTOS, LC. 2006. Comparação morfométrica e índices somáticos de machos e fêmeas do lambari prata (*Astyanax scabripinnis* Jerenyns, 1842) em diferente sistema de cultivo. *Zootec Trop.* 24: 22-33.
- NAVARRO, I. e GUTIERREZ, J. 1995. Fasting and Starvation. In *Biochemistry and Molecular Biology of Fishes* (Hochachka, P.W. e Mommsen, T.P., eds), New York: Elsevier. 4: 393-433.
- NAVARRO, I. GUTIERREZ, J. PLANAS, J. 1992. Changes in plasma glucagon, insulin and tissue metabolites associated with prolonged fasting in Brown trout (*Salmo trutta fario*). *Comp. Biochem. Physiol.* 102, Part A: 401-407.
- NEWGARD, CB. LAURENCE, JH. DANIEL, WF. DENIS, JM. 1983. Studies on the mechanism by which exogenous glucose is converted into liver glycogen in the rat. A direct or an indirect pathway? *J. Biol. Chem.* 258, 13: 8046-8052.
- NICIEZA, A.G. e METCALFE, N.B. 1997. Growth compensation in juvenile Atlantic salmon: Responses to depressed temperature and food availability. *Ecology.* 78: 2385-2400.

- NIKKI, J. PIRHONEN, J. JOBLING, M. KARJALAINEN, J. 2004. Compensatory growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held individually. *Aquaculture*, 235: 285-296.
- NUNES, ESS. CAVERO, BAS. PEREIRA-FILHO, M. ROUBACH, R. 2006. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. *Pesquisa agropecuária Brasileira*, Brasília. 41: 139-143.
- O'DONOVAN, P.B. 1984. Compensatory gain in cattle and sheep. *Nutr. Abstr. Rev.*, 54 :389-410.
- OH, SY. e NOH, CH. 2007. Effect of Restricted Feeding Regimes on Compensatory Growth and Body Composition of Red Sea Bream, *Pagrus major*. *Journal of the World Aquaculture Society*. 38: 443-449.
- PALMA, EH. TAKAHASHI, LS. DIAS, LTS. GIMBO, RY. KOJIMA, JT. NICODEMO, D. 2010. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT. *Ciência Rural*. 40: 421-426.
- QUINTON, JC. e BLAKE, RW. 1990. The effect of feed eyeling and ration level on the compensatory growth-response in rainbow-trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology*. V: 33-41.
- RATZ, HJ. e LLORET, J. 2003. Variation in fish condition between Atlantic cod (*Gadus morhua*) stocks the effect on their productivity and management implications. *Fisheries Research* 60: 369-380.
- RIBEIRO, FF. 2007. Crescimento compensatório de juvenis de robalo-peva, *Centropomus parallelus*, após privação alimentar. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina , UFSC- Centro de Ciências Agrárias, Dissertação de mestrado (Mestrado em Aquicultura). 42 p.
- RIOS, F.S. KALININ, A.L. RANTIN, F.T. 2002. The effects of long-term food deprivation on respiration and haematology of the neotropical fish *Hoplias malabaricus*. *Journal of Fish Biology*. 61: 85-95.
- RIOS, FS. MORAES, G. OBA, ET. FERNANDES, MN. DONATTI, L. KALININ, AL. RANTIN, FT. 2006. Mobilization and recovery of energy stores in traíra, *Hoplias malabaricus* Bloch (Teleostei, Erythrinidae) during long-term starvation and after re-feeding. *Journal of Comparative Physiology*. 176 Part B: 721 728.

- ROUBACH, R. GOMES, LC. FONSECA, FAL. VAL, AL. 2005. Eugenol as a efficacious anaesthetic for tambaqui, *Colossoma macropomum* (Cuvier). Aquaculture research, Oxford. 36: 1056-1061.
- RUEDA, FM. MARTINEZ, FJ. ZAMORA, S. KENTOURI, M. DIVANACH, P. 1998. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus*. Aquaculture research. Oxford. 29: 447-452.
- RYAN, WJ. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. Nutr. Abstr. Rev., Series B, 60(10): 653-664.
- SAETHER, BS. e JOBLING, M. 1999. The effects of ration level on feed intake and growth, and compensatory growth after restricted feeding, in turbot *Scophthalmus maximus* L. Aquaculture Research. 30: 647-653.
- SAINT-PAUL, U. 1984. Investigations on the seasonal changes in the chemical composition of liver and condition from a neotropical fish *Colossoma macropomum* (Serranidae). Amazoniana, Manaus. 9: 147- 158.
- SAINZ, RD. e BENTLEY, BE. 1997. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refeed beef steers. Journal of Animal Science. 75: 1229-1236.
- SAITA, MV. 2011. Parâmetros produtivos, fisiológicos e imunológicos de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos a restrição alimentar e estresse de manejo. Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista- CAUNESP, Centro de aquicultura, Dissertação de mestrado (Mestrado em Aquicultura) 49 p.
- SALAM, A. e DAVIES, PMC. 1994. "Body composition of northern pike (*Esox lucius* L.) in relation to body size and condition factor", J. Fish. Res. 19:193-204.
- SANTOS, MS. 2011. Crescimento compensatório de juvenis de matrinxã *Brycon amazonicus*. Rio Grande: Universidade Federal de Rio Grande- FURG, Dissertação de mestrado (Mestrado em Aquicultura) 55 p.
- SCHWARZ, FJ. PLANK, JJ. KIRCHGESSNER, M. 1985. Effects of protein or energy restriction with subsequent realimentation on performance parameters of carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture. 48: 23-33
- SEVILLA, A. e GUNTHER, J. 2000. Growth and feeding level in pre- weaning tambaqui *Colossoma macropomum* larvae. Journal of the World Aquaculture Society, Baton Rouge. 31: 218-224.

- SHERIDAN, M.A. e MOMMSEN, T.P. 1991. Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Gen. Comp. Endocrinol., 81: 473-483.
- SILVA, AMD. PEREIRA-FILHO, M. CAVARO, BAS. OLIVEIRA-PEREIRA, MI. 2007. Digestibilidade aparente dos nutrientes e energia de ração suplementada com enzimas digestivas exógenas para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* Cuvier, 1818). Acta Amazonica, Manaus. 37: 157- 164.
- SILVA, SD. GUNASEKERA, RM. AUSTIN, CM. 1997. Changes in the fatty acid profiles of hybrid red tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, subjected to short-term starvation, and a comparison with changes in seawater raised fish. *Aquaculture*. 153: 273-290.
- SOUZA, VL. OLIVEIRA, EG. URBINATI, EC. 2000. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). J. Aqua. Trop. 15: 371-379.
- SOUZA, VL. URBINATE, EC. GONÇALVES, DC. SILVA, PC. 2002. Composição corporal e índices biométricos do pacu, *piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. Acta Scientiarum. 24: 533- 540.
- SUAREZ, RK. MOMMSEN, TP. 1987. Gluconeogenesis in teleost fishes. Can. J. Zool. 65:1869-1882.
- SUMPTER, JP. LEBAIL, PY. PICKERING, AD. POTTINGER, TG. CARRAGHER, JF. 1991. The effect of starvation on growth and plasma growth hormone concentrations of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. Gen. Comp. Endocrinol. 83: 94–102.
- TAKAHASHI, LS. BILLER, JD. URBINATI, EC. 2010 Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production. J. of Ani. Phys. and Ani. Nutri., 95: 259- 266.
- TIAN, X. e QIN, JG. 2003. A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. *Aquaculture*. 224: 169 179.
- TURANO, MJ. BORSKI, RJ. DANIELS, HV. 2008 Effects of cyclic feeding On compensatory growth of hybrid striped bass (*Morone chrysops* X *M. saxatilis*) foodfish and water quality in production ponds. *Aquac. Res*. 39: 1514-1523
- VAN DEN THILLART, G. e VAN RAAI, M. 1995. Endogenous fuels, non invasive versus invasive approaches. In: HOCHACHKA, PW e MOMMSEN, P. (Ed.). *Biochemistry and Experimental Zoology*. 271: 425-431.

- VIEIRA, EF. ISAAC, J. FABRÉ, NN. 1999. Biologia reprodutiva do tambaqui, *Colossoma macropomum* CUVIER, 1818 (Teleostei, Serrasalmidae), no baixo Amazonas, Brasil. Acta Amazonica, Manaus. 29: 625-638.
- WANG, Y. CUI, Y. YANG, Y. CAI, F. 2000. Compensatory growth in Hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* x *O. nitoticus*, reared in sea water. Aquaculture. 189: 101-108.
- WEATHERLEY, AH. e GILL HS. 1987. Dynamics of muscle growth in fish. In WEATHERLEY, AH GILL, HS. The Biology of Fish Growth. Academic Press, Inc., 150-161 p.
- WIESER, W. KRUMSCHNABEL, G. OJWANG-OKWOR, JP. 1992. The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. Env. Biol Fishes. 3: 63-71.
- XIE, S. ZHU, X. CUI, Y. LEI, W. YANG, Y. WOOTTON, RJ. 2001. Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. Journal of Fish Biology. 58: 999-1009.
- ZAMMIT, VA. e NEWSHOLME, EA. 1979. Activities of enzymes of fat and ketone-body metabolism and effects of starvation on blood concentrations of glucose and fat fuels in teleost and elasmobranch fish. Biochem. J. 184: 313-322.
- ZHU, X. CUI, Y. ALI, M. WOOTTON, RJ. 2001. Comparison of compensatory growth responses of juvenile three-spined stickleback and minnow following similar food deprivation protocols. J. Fish Biol. 58: 1149-1165.