



NAIARA MELO

**SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO EM LARVAS DE
PIRACANJUBA (*Brycon orbignyanus*) SUBMETIDAS A
RESTRIÇÃO ALIMENTAR**

**LAVRAS-MG
2018**

NAIARA MELO

**SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO EM LARVAS DE
PIRACANJUBA (*Brycon orbignyanus*) SUBMETIDAS A
RESTRICÇÃO ALIMENTAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Luís David Solis Murgas

**LAVRAS-MG
2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Melo, Naiara.

Sobrevivência e crescimento em larvas de Piracanjuba (*Brycon
orbignyanus*) submetidas a restrição alimentar / Naiara Melo. –
Lavras: UFLA, 2018. 48 p.

Orientador(a): Luis David Solis Murgas.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. alimentação exógena. 2. piscicultura. 3. crescimento
compensatório. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

NAIARA MELO

SOBREVIVÊNCIA E CRESCIMENTO EM LARVAS DE PIRACANJUBA (*Brycon orbignyanus*) SUBMETIDAS A RESTRIÇÃO ALIMENTAR

SURVIVAL AND GROWTH OF PIRACANJUBA (*Brycon orbignyanus*) SUBMITTED TO FOOD RESTRICTION

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção Animal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 02 de março de 2018.

Dra. Gilmara Junqueira Machado

UFLA

Dra. Aline Ferreira de Souza Carvalho

UNICOR

Prof. Dr. Luís David Solis Murgas

Orientador

**LAVRAS-MG
2018**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus... obrigada pelo carinho, pelo cuidado com minha família, por nunca desistir de mim, por me amparar em meus momentos tristes, por me sustentar durante essa jornada e ao longo de toda a minha vida!

A todos da minha família que, de alguma forma, incentivaram-me nesta etapa de minha vida, mas em especial ao meu pai, Brasiliano por todo o cuidado, preocupação, amor e confiança sempre depositados em mim.

Ao meu orientador Luis David Solis Murgas, pela oportunidade, confiança e ensinamento ao decorrer do mestrado.

A CAPES, pela bolsa concedida durante o mestrado

À Universidade Federal de Lavras, em especial aos departamentos de Zootecnia e Medicina Veterinária pelo suporte fornecido durante a execução do experimento.

À Dr^a Viviane, Dr^a Daniela e Prof^o Rilke pela participação na banca de qualificação, pelas sugestões e apoio.

À Dr^a Prof^a Aline e Dr^a Gilmara por aceitarem participar da banca de defesa da dissertação.

À Estação de Piscicultura de Itutinga, pelo fornecimento dos animais para a pesquisa.

Ao funcionado do Laboratório de Farmacologia Willian, pela ajuda na montagem das unidades experimentais e por estar sempre disponível para auxiliar

A Bel, Tassia, Isadora Assis, Isadora Marques, Gilmara, Victor, Gabriela, Thales, Naiara, Gilmar, pela ajuda pela ajuda na execução do experimento.

Ao William Franco pelas conversas e ajuda nas análises estatísticas;

A Adriana, Isaac, Prof^o Wladimir e Prof José Rafael pelos auxilio nas confecções e análise das laminas histológicas.

Ao César que esteve sempre presente e por muitas vezes me ajudou.

Enfim, a todos que de algum modo, fizeram parte desta caminhada.

RESUMO

Este estudo foi realizado com o objetivo de avaliar o impacto de diferentes períodos de jejum na larvicultura de piracanjuba (*Brycon orbignyana*). Foram realizados dois ensaios experimentais utilizando delineamento inteiramente ao acaso com 6 tratamentos e 5 repetições, ambos com 10 dias de duração. Os tratamentos utilizados foram: alimentação por todo período experimental (J0), jejum de dois dias seguidos de 8 dias de alimentação (J2); jejum de quatro dias seguidos de 6 dias de alimentação (J4); jejum de seis dias seguidos de 4 dias de alimentação (J6); jejum de oito dias seguidos de 2 dias de alimentação (J8); jejum por todo o período experimental (JN). No primeiro ensaio foram utilizadas larvas de 28 horas após a eclosão (HAE) e o ponto de não retorno (PNR) e a taxa de sobrevivência ao final do período experimental foram analisados. No segundo ensaio foram utilizadas pós-larvas de 10 dias após a eclosão (DAE) e variáveis zootécnicas (peso final, ganho de peso, comprimento final, ganho de comprimento e taxa de crescimento específico), crescimento compensatório e crescimento muscular foram analisados. O PNR encontrado para larvas de piracanjuba foi de 5,56 dias de jejum (133,6 HAE) e a mortalidade se estabilizou com 10,6 DAE. No segundo ensaio foram observados efeitos significativos ($P < 0,05$) entre os diferentes protocolos de restrição alimentar seguido de período de realimentação sobre o crescimento muscular, crescimento compensatório e nos demais parâmetros zootécnicos avaliados. A taxa de sobrevivência não foi afetada pelos protocolos alimentares ($P > 0,05$). Assim pode-se afirmar que pós-larvas de piracanjuba são capazes de apresentar crescimento compensatório quando submetidas ao jejum, e períodos superiores a dois dias comprometem o desempenho zootécnico e o crescimento muscular durante a larvicultura.

Palavras-chave: alimentação exógena; piscicultura; crescimento compensatório; fibras musculares

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the impact of different periods of starvation on piracanjuba *Brycan orbignyana* larviculture. Two experimental essays were carried out using a completely randomized design with 6 treatments and 5 replications, both with 10 days duration. The treatments were: feeding throughout the experimental period (J0), two consecutive days of starvation followed by 8 days of feeding (J2); four consecutive days of starvation followed by 6 days of feeding (J4); six consecutive days of starvation followed by 4 days of feeding (J6); eight consecutive days of starvation followed by 2 days of feeding (J8); starvation throughout the experimental period (JN). In the first essay, larvae with 28 hours after hatching (HAH) were used and the point of no return (PNR) and survival rate at the end of the experimental period were analyzed. In the second essay, post-larvae of 10 days after hatching (DAH) were used and zootechnical features (final weight, weight gain, final length, length gain and specific growth rate), compensatory growth and muscle growth were analyzed. The PNR found for piracanjuba larvae was 5.56 days of starvation (133.6 HAH) and the mortality stabilized with 10.6 DAH. In the second essay, significant effects ($P < 0.05$) were observed in the different dietary restriction protocols followed by refeeding period on muscle growth, compensatory growth and other zootechnical parameters evaluated. Survival rate was not affected by dietary protocols ($P > 0.05$). Thus, it can be stated that piracanjuba post-larvae are able to present compensatory growth when submitted to starvation, and longer periods than two days compromise zootechnical performance and muscle growth during larviculture.

Keywords: exogenous feeding; fish farming; compensatory growth; muscle fibers

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Juvenil de Piracanjuba.	14
Figura 2- Modelo idealizado descrito por Jobling (1994) para explicar o crescimento compensatório	19
Figura 3- Representação dos tratamentos do ensaio 1 e 2.....	24
Figura 4- Ponto de não retorno para larvas de Piracanjuba (<i>B. orbignyanus</i>).....	28
Figura 5- Sobrevivência final de larvas de Piracanjuba (<i>B. orbignyanus</i>).....	29
Figura 6- Taxa de crescimento específico no período e na restrição de pós-larvas de Piracanjuba (<i>B. orbignyanus</i>)	33
Figura 7- Sobrevivência final de pós-larvas de Piracanjuba (<i>B. orbignyanus</i>) após a realimentação	34
Figura 8- Seções transversais da musculatura esquelética de pós-larvas de Piracanjuba (<i>B. orbignyanus</i>) dos tratamentos J0,J2,J4,J6,J8 e JN.....	35
Figura 9- Médias \pm desvio padrão do diâmetro das fibras brancas do tecido muscular estriado esquelético de pós-larvas de Piracanjuba (<i>B. orbignyanus</i>) nos diferentes regimes de privação alimentar.	36
Figura 10- Distribuição das frequências (%) dos diâmetros das fibras do tecido muscular estriado esquelético de pós-larvas de Piracanjuba (<i>B. orbignyanus</i>) nas classes de diâmetros (<20 μ m, 20-50 μ m e >50 μ m).	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Médias e desvio padrão dos parâmetros de desempenho de pós-larvas de Piracanjuba (B. orbignyanus).....	30
Tabela 2- Ganho em Peso final (mg) e desvio padrão de pós-larvas de Piracanjuba (B. orbignyanus) submetidas a realimentação após períodos de restrição.	31

LISTA DE ABREVIATURAS

% - Porcentagem

°C – Graus Celsius

CaCO₃ - Carbonato de cálcio

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

CEUA - Comissão de Ética no Uso Animais

DAE – Dias após a eclosão

DMV – Departamento de Medicina Veterinária

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura

GC – Ganho em comprimento

GP – Ganho em peso

HAE – Horas após a eclosão

IBAMA - Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente E Dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

mg – miligramas

mg/l - Miligrama por litro [mg/l]

mm - milímetro

OD - Oxigênio dissolvido

pH - potencial Hidrogeniônico

PNR – Ponto de não retorno

TCE- Taxa de crescimento específico

UFPA – Universidade Federal de Lavras

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO GERAL	13
2.1 Objetivos específicos	13
3. REFERENCIAL TEÓRICO	14
3.1 Característica da espécie	14
3.2 Larvicultura	15
3.3 Restrição alimentar e Ponto-de-não-retorno (PNR).....	17
3.5 Crescimento muscular	21
4. MATERIAL E METODOS.....	23
4.1 Ensaio 1- Sobrevivência de larvas e ponto de não retorno.	23
4.2 Ensaio 2 - Desempenho zootécnico e histologia muscular.....	25
4.2.1 Avaliação do crescimento, sobrevivência e canibalismo aparente.....	25
4.2.2 Histologia do tecido muscular	27
4.3. Análises estatísticas.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
5.1 Ensaio 1. Sobrevivência de larvas e ponto de não retorno.	28
5.2 Ensaio 2 desempenho zootécnico e histologia muscular.....	30
5.2.1 Desempenho zootécnico	30
5.2.2 Histologia muscular	34
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

A aquicultura é o setor de produção de alimentos de origem animal que mais cresce mundialmente, complementando e, em alguns casos, até mesmo substituindo a pesca extrativista. O potencial desta atividade para enfrentar os desafios da segurança alimentar e gerar empregos e ganhos econômicos vem sendo claramente demonstrado pelo seu rápido crescimento, que tem atingido taxas médias anuais na ordem de 8,8% desde a década de oitenta (WATANABE, 2002; FAO, 2014). Todavia, a aquicultura quando conduzida de maneira inadequada, além de implicar em perdas econômicas, pode causar prejuízos para o ambiente.

O Brasil é um dos países com grande potencial para expansão da aquicultura, pois possui ampla faixa costeira, com mais de 8.500 km de extensão, e detém a maior quantidade de água com potencial aquícola continental no mundo. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano 2016 a criação de peixes de água doce atingiu 507.122 toneladas, o que representa um crescimento de 4,94% em relação ao ano anterior.

A criação de peixes em cativeiro torna-se cada vez mais importante no cenário mundial como forma de suprir a demanda pelo pescado, que vem sendo maior a cada ano. A piscicultura hoje é uma alternativa para a ampliação dos limites de exploração dos recursos naturais e para obtenção de proteína animal de baixo custo. Porém, o sucesso desta atividade está estreitamente relacionado com a capacidade de produção de várias espécies com potencial zootécnico (FAO, 2014).

Nos últimos anos as pesquisas sobre espécies nativas têm aumentado consideravelmente no país, entre elas destacam-se o tambaqui (*Colossoma macropomum*), pacu (*Piaractus mesopotamicus*), surubim (*Pseudoplatystoma corruscans*), pirarucu (*Arapaimas gigas*), dourado (*Salminus brasiliensis*), trairão (*Hoplias lacerdae*), jundiá (*Rhamdia quelen*), piracanjuba (*Brycon orbignyanus*), entre outras que compõem nossa fauna.

A Piracanjuba (*B. orbignyanus*), é nativa da Bacia dos Rios Uruguai e Paraná e se encontra na lista de espécies ameaçadas de extinção. Apresenta características zootécnicas apreciadas como ganho de peso rápido e homogêneo, ótimo rendimento de carcaça e principalmente alto valor comercial.

A produção de juvenis em larga escala é considerada uma das limitações da piscicultura de espécies nativas, a falta de conhecimento e/ou a utilização de pacotes tecnológicos de outras espécies resultam em baixa produtividade. As baixas taxas de sobrevivência na fase larval acontecem devido as deficiências nutricionais deve principalmente a nutrição. A privação de alimento na fase inicial de desenvolvimento possui um efeito negativo para o desenvolvimento

e sobrevivência das larvas. A resistência das larvas nessa fase depende da espécie, qualidade dos ovos e temperatura.

A restrição de alimento e o crescimento compensatório têm sido temas de muito interesse para a aquicultura, pois permite explorar a capacidade das espécies em crescerem a uma taxa maior do que a normal, e assim, obter um aumento na produtividade. Pesquisas que envolvam essa estratégia alimentar durante a larvicultura são raras, principalmente em espécies com comportamento agressivo.

O crescimento muscular nas fases iniciais de desenvolvimento é intenso para o tamanho final do peixe, com isso, o crescimento hiperplásico e hipertrófico é motivo de estudo em muitas espécies de peixes em suas diferentes fases, principalmente para as espécies que atingem um grande tamanho, pois tanto a hipertrofia e hiperplasia das fibras ocorrem durante todo o período de crescimento da musculatura esquelética.

A partir do momento, em que as condições são retomadas, após um período de restrição alimentar, os peixes podem demonstrar altas taxas de crescimento, obtendo um crescimento compensatório. Assim, o presente trabalho, buscou avaliar os efeitos da restrição alimentar, durante a larvicultura de piracanjuba.

2. OBJETIVO GERAL

O objetivo desse foi avaliar o impacto ocasionado por diferentes períodos de restrição alimentar e posterior realimentação na fase inicial de desenvolvimento sobre o canibalismo, crescimento muscular e desempenho zootécnico crescimento em pós-larvas de Piracanjuba.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar o ponto-de-não-retorno de larvas de piracanjuba.
- Verificar os efeitos causados pelo jejum sobre o crescimento, desenvolvimento, sobrevivência e canibalismo de pós-larvas de piracanjuba.
- Avaliar a ocorrência de crescimento compensatório em pós-larvas de piracanjuba (realimentadas por 2,4,6, e 8 dias).
- Observar se os estados jejum/realimentação interferem no padrão de crescimento muscular em pós-larvas de piracanjuba.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Característica da espécie

Reino: Animalia;

Filo: Chordata;

Classe: Actinopterygii;

Ordem: Characiformes;

Família: Characidae;

Gênero: *Brycon*;

Espécie: *Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849.

O gênero *Brycon*, compõem mais de 60 espécies de peixes confirmada (FROESE; PAULY, 2000) dentre as quais, aproximadamente 40 espécies ocorrem na América Central e América do Sul (HOWES, 1982), as quais pertencem ao grupo de grandes migradores (OLIVEIRA et al., 2014). De acordo com IBAMA (in MMA 05/04 2008), 6 espécies desse gênero encontram-se ameaçadas de extinção, entre elas a Piracanjuba.

A Piracanjuba é uma espécie nativa das bacias formadas pelo Rio Paraná e Uruguai (MOREIRA et al., 2001), sendo considerada promissora com excelentes características para criação (GANECO e NAKAGHI, 2003) como grande aceitabilidade de ração (GOMIEIRO et al., 2009) ganho de peso rápido e homogêneo, ótimo rendimento de carcaça e principalmente o alto valor comercial (MURGAS; FRANCISCATTO; SANTO, 2003). Esta espécie apresenta corpo fusiforme, levemente comprido, com dorso castanho, grande mancha negra na base do pedúnculo caudal, estendendo até os raios causais mediana (VAZ et al., 2000). As nadadeiras possuem coloração vermelha, sendo que a caudal contém uma faixa mediana escura (FIGURA 1)

Figura 1- Juvenil de Piracanjuba.



Fonte: Arquivo pessoal

A espécie apresenta hábito alimentar onívoro se alimentando de frutos, sementes, flores, folhas, pequenos peixes e insetos (HOWES, 1982). Entretanto, durante a larvicultura predomina o hábito alimentar carnívoro com elevada taxa de canibalismo (FEIDEN; HAYASHI, 2005)

Por se tratar de uma espécie que realiza migração, prefere ambientes de águas correntes e claras, sendo encontrada nos locais em que as árvores se deitam sobre o rio, onde facilita a obtenção de alimento (MOREIRA et al., 2001).

Durante o período reprodutivo, que ocorre nos meses quentes e chuvosos, realiza migrações subindo os rios e desovando entre novembro e janeiro (CEMIG/CETEC, 2000). Em cativeiro sua reprodução acontece de forma restrita (CASTAGNOLLI, 1992), havendo a necessidade de indução artificial por hormônio para que ocorra a desova (WOYNAROVICH; HORVÁTH, 1983).

Os machos geralmente apresentam maturação sexual aos dois anos de idade, quando atingem 20 cm de comprimento, enquanto para as fêmeas a maturidade ocorrem a partir de três anos e 25 cm de comprimento (ZANIBONI-FILHO; SCHULZ, 2003). Neste período o macho possui dimorfismo sexual, apresentando a nadadeira anal áspera. A fecundação é externa, e não apresentam cuidado parental (MOREIRA et al., 2001).

3.2 Larvicultura

O cultivo de espécies nativas com características zootécnicas de interesse, apreciadas pelos consumidores e naturalmente adaptadas às condições climáticas locais, tem se mostrado uma alternativa importante para a ampliação e sucesso da aquicultura nacional (ROMAGOSA, 2006; WEINGARTNER et al., 2008).

Entretanto, para atender a demanda de produção é necessário obter sucesso na fase considerada mais problemática do ciclo de vida dos peixes, o período larval. A obtenção de larvas e juvenis, em quantidade e com boa qualidade, é ainda um fator crítico para o sucesso da produção intensiva das espécies nativas (PORTELLA et al., 2013)

Uma das técnicas utilizadas durante a larvicultura consiste da estocagem direta das larvas em viveiros fertilizados logo após a alimentação exógena., o que resulta em baixa taxa de sobrevivências das larvas, ao redor de 10% (JOMORI et al., 2003 apud KOJIMA et al., 2015). Essa baixa sobrevivência pode ocorrer devido principalmente a presença de predadores, más condições climáticas ou a praticas alimentares que não satisfazem os requerimentos nutricionais das pós-larvas e canibalismo (CONCEIÇÃO et al., 1997).

Como alternativa para minimizar esses fatores e aumentar a sobrevivência, existe a possibilidade de produzir as larvas em sistema 'indorr'. Nesse sistema, as larvas são mantidas em laboratório, onde, ficam protegidas de predadores e recebem alimento de qualidade e em quantidade adequada ao seu desenvolvimento inicial (PORTELLA et al.; 2013).

O oferecimento de condições ambientais adequadas nessa fase, entre elas, a definição de uma estratégia alimentar que garanta uma nutrição propícia é essencial, visto que, pós-larvas da maioria das espécies de peixes nativos são altrícias e apresentam um trato digestivo incompleto, estômago ausente, não aproveitando de imediato a ração. Dessa maneira, larvas após a absorção do saco vitelínico necessitam ingerir alimento vivo como primeiro alimento (PORTELLA; DABROWSKI, 2008),

Além do estímulo visual e palatabilidade, o alimento vivo possui altos níveis de proteína, lipídeos, fontes de vitaminas e minerais, em quantidade adequada (SIPAÚBA; TAVARES; ROCHA, 2003). Proporciona também, melhores taxas de resistência ao estresse e crescimento, quando comparado ao uso do alimento artificial para as larvas de peixes piscívoras (LUZ, 2007). Dentre os organismos vivos empregados como alimento, a *artemia* sp. e larva forrageira são os mais utilizados.

Para os peixes de hábitos carnívoros ou as espécies que possuem este hábito durante as fases iniciais de desenvolvimento, a utilização de larva forrageira demonstra ser uma estratégia alimentar eficiente durante os primeiros dias de vida (ATENCIO-GARCÍA et al., 2003). Estudos utilizando larva forrageira na alimentação inicial de surubi *Steindachneridion scriptum* (SCHÜTZ et al., 2008); dourado *Salminus brasiliensis* (SCHÜTZ ; NUÑER, 2007; ZANIBONI FILHO, 2000); matrinxã *Brycon cephalus* (CECCARELLI, 1997); traíra *Hoplias malabaricus* (VIEIRA; LOPES, 2005); Oscar *Astronotus ocellatus* e Pintado *Pseudoplatystoma coruscans* (LUZ, 2007) produziram o melhor crescimento em relação ao alimento inerte durante das fases iniciais de desenvolvimento

Além da utilização de larva forrageira, a artêmia também consiste de uma alternativa eficiente, haja vista a facilidade de eclosão de cistos e produção de náuplios em laboratório. A artêmia é um microcrustáceo, e o alimento vivo mais utilizado no mundo e apresentam embriões dormentes disponíveis ao longo de todo o ano em altas quantidades em lagos hipersalino e lagos costeiras (KOLKOVSKI et al., 1997). Em condições adequadas de luminosidade, aeração, salinidade e temperatura pode ser ofertado com alimento após 24 horas de incubação. É um alimento de elevado valor nutricional: contém proteínas de alto valor biológico (65% em matéria seca), ácidos graxos poli-insaturados, vitaminas e minerais essenciais.

A utilização de organismos vivos, não é a única estratégia aplicada durante o período larval. Várias estratégias vêm sendo desenvolvidas, afim de melhorar a taxa de crescimento, canibalismo e sobrevivência. Avaliando o efeito de diferentes cores de aquário na larvicultura de piabanha-do-pardo (*Brycon* sp.), conclui-se que o aquário marrom promoveu maior valor de sobrevivência e menor taxa de canibalismo nas larvas (COSTA et al., 2013). Em estudo com larvas de piracanjuba, foi demonstrado que os animais submetidos à fotoperíodos longos apresentaram melhor uniformidade e sobrevivência (REYNALTE-TATAJE et al., 2002). Já a suplementação de diferentes doses de probiótico durante a larvicultura de Matrinxã (*Brycon amazonicus*), não favoreceu o desempenho zootécnico, incluindo a sobrevivência e o canibalismo (DIAS et al., 2011).

A partir dos resultados apresentados, diversos estudos são realizados atualmente com objetivo de melhorar as técnicas de criação de larvas de peixes nativos, buscando a diminuição dos custos de cultivo e aumento da produtividade.

3.3 Restrição alimentar e Ponto-de-não-retorno (PNR)

A Restrição alimentar pode ser definida como a redução ou a falta de alimento disponível para consumo (FRAGA et al., 2009). Pode ocorrer espontaneamente na natureza como parte do ciclo natural da espécie em função da escassez temporal e espacial de alimento, fatores bióticos ou pela migração para desova (ALI; NICIEZA; WOOTTON, 2003).

Muitos peixes, de clima temperado, devido à falta de disponibilidade de alimento, passam por diferentes graus de jejum durante sua fase de vida, provocando variações na taxa de crescimento (CHAPPAZ et al., 1996). Para suprimir essa privação, se alimentam vorazmente durante a primavera para compensar esse atraso no crescimento (SAITA et al., 2010).

De acordo com Broekhuizen (1994) os animais possuem uma trajetória de crescimento, baseado na teoria do controle, a qual a expressão depende de vários fatores como gravidade da duração da subnutrição, o estágio de desenvolvimento, idade, hábito alimentar e o padrão de realimentação. Se em algum momento da vida desses animais esta trajetória é desviada, o animal detecta esta deflexão e compensa-a pelo reajuste no apetite e no metabolismo (RIBEIRO; TSUZUKI, 2008)

As consequências da restrição alimentar são maiores para larvas e juvenis do que para peixes adultos, devido as baixas reservas energéticas presentes nas fases iniciais de vida. (MÉNDEZ; WIESER, 1993). Quando o alimento se torna escasso, inicialmente ocorre um aumento da atividade locomotora, de modo a tornar a chances de encontrar algum alimento, se

à ausência do alimento continuar, acontece a diminuição da atividade locomotora (FARBRIDGE; LEATHERLAND, 1992) e desencadeia nos peixes uma série de alterações para promover o ajuste biológico frente a essa situação (ALI; NICIEZA; WOOTTON, 2003).

De acordo com a duração do período de jejum, dois estados fisiológicos podem ocorrer. O primeiro se relaciona com as fases iniciais do jejum (períodos menores que 7-10 dias) e se caracteriza pela mobilização rápida das reservas disponíveis. O segundo está vinculado a períodos crônicos de jejum, associado a um pronunciado catabolismo lipídico e proteico, () resultando em alterações no crescimento com o prolongamento dessa condição (COOK et al., 2000; FARBRIDGE; LEATHERLAND, 1992, METÓN et al., 2003, OLIVEIRA 2015).

A ausência de alimento pode afetar a capacidade de alimentação posterior e a sobrevivência dos animais, desta maneira, o ponto de não retorno (PNR) é definido como o momento em que os danos causados pelo jejum se tornam irreversíveis e 50 % dos animais morrem mesmo ingerindo alimento. Durante a larvicultura, conhecer o PNR é uma estratégia que descreve o tempo após a incubação (BLAXTER et al., 1963), em que a alimentação exógena deve ser ofertada e pode ajudar a maximizar a sobrevivência larval em incubadoras (YIN; BLAXER, 1987)

A capacidade de resistir à privação de alimentos antes do PNR depende do tamanho da larva, da temperatura e das espécies de peixes (BLAXTER; EHRLICH, 1974 ; HOUDE, 1974). Por exemplo, para as espécies de água doce, *Odontesthes bonariensis* (Valenciennes, 1835), o PNR ocorreu no oitavo dia após a incubação a 26°C (STRUSSMANN; TAKASHIMA, 1989). No entanto, para as espécies marinhas, *Paralichthys californicus* , o PNR ocorreu no 7º DAH a 18°C (GISBERT et al., 2004) e para *Paralabrax maculatofasciatus* , ocorreu no quarto ou quinto dia após a eclosão (em aproximadamente 24°C) (PEÑA; DUMAS, 2005). Para os peixes neotropicais, as informações acerca do PNR foram relatadas para larvas de pacu, que ocorreu no 10,4 dias pós-eclosão e em larvas de Jundiá (*Rhamdia voulezi*) foi verificado no 7º dia de vida a uma temperatura a 29,79°C (LIMA et al., 2017)

3.4 Crescimento compensatório

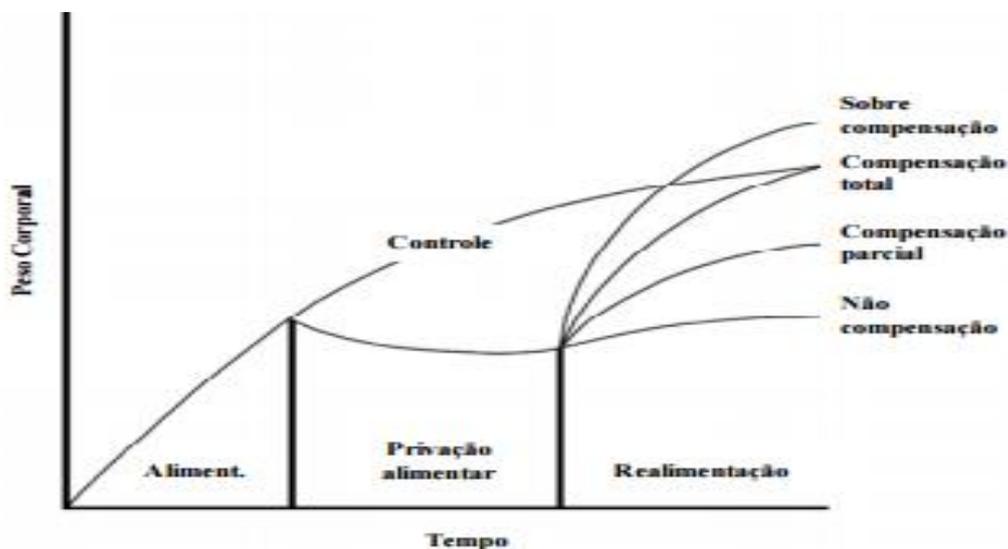
O crescimento compensatório é caracterizado por uma fase de crescimento acelerado, após a retomada das condições favoráveis e vem sendo estudado em diferentes setores da produção animal com objetivos específicos para cada seguimento. Embora o ganho de peso seja a resposta compensatória mais visada, o crescimento de tecido, órgãos ou componentes

primários, composição corporal e fisiológica são respostas compensatórias que podem ser alcançadas.

Na piscicultura comercial, durante a superprodução e indução do crescimento (CARUSO et al., 2012), visto que a aplicação de estratégia de alimentação com restrição alimentar e realimentação torna-se possível explorar a capacidade natural de recuperação metabólica, crescimento (SOUZA et al., 2000) e redução no gasto com ração (URBINATI et al., 2014). Por outro lado, o desenvolvimento de estratégias de alimentação com base no crescimento compensatório não é apenas para ajudar a reduzir os custos do alimento, mas também para minimizar a carga orgânica responsável pela poluição da água em ambientes de cultivos aquícolas (CHO; HEO, 2011).

Diversas espécies de peixes apresentam um crescimento mais rápido durante a recuperação da privação do que os que não enfrentaram qualquer fase da restrição de crescimento (GONÇALVES et al., 2010; HEIDE et al., 2006). O crescimento compensatório pode ser dividido em diferentes categorias (FIGURA 2) de acordo com a ocorrência de compensação: *compensação parcial* onde os animais privados não atingem no mesmo tempo o tamanho, mas mostram alta taxa de crescimento e melhora na eficiência alimentar, *compensação total* em que os animais atingem o mesmo tamanho dos animais não privados, *sobre compensação* os animais que tinham experimentado uma alimentação restrita atinge um tamanho maior do que os animais não restritos e *não compensação* não ocorrendo respostas compensatórias (ALI; NICIEZA; WOOTTON, 2003)

Figura 2- Modelo idealizado por Jobling (1994) para explicar o crescimento compensatório.



Fonte: Ribeiro & Tsuzuki (2008)

A hiperfagia, definida como uma alta taxa de consumo alimentar, fato observado em peixes sendo realimentados após um período na falta de alimento é um dos principais mecanismos que pode levar a ocorrência de crescimento compensatório (RIBEIRO; TSUZUKI, 2008). Quando o alimento volta a ser oferecido os peixes se tornam hiperfágicos (ZHU et al., 2005), ocorrendo um consumo alimentar em uma taxa próxima ao máximo possível em que o trato digestório dos peixes pode processar o alimento (ALI; NICIEZA; WOOTTON, 2003)

Com isso, há uma necessidade dos peixes ajustarem rapidamente seu status fisiológicos nutricional, como a quantidade de enzimas digestivas (RIBEIRO; TSUZUKI, 2008), pois, durante a privação alimentar as enzimas digestivas ficam bastante reduzidas (TIAN; QIN, 2003). De acordo com Ribeiro e Tsuzuki, (2008), quando o aumento da ingestão alimentar estiver acompanhado de uma eficiente digestão e absorção dos nutrientes, ocorrerá uma melhora na conversão alimentar e no crescimento dos animais.

Embora as respostas compensatórias sejam espécie-específica, poucos estudos foram realizados antes 1990 (RIBEIRO; TSUZUKI, 2008), com o aumento da procura por pescado e certa atenção dada aos peixes e seu potencial aplicado a aquicultura, as pesquisas voltadas para este tema começaram a ser desenvolvidas em espécies de águas frias (ALI; NICIEZA; WOOTTON, 2003). O salmão do Atlântico (*Salmo salar*), e a truta arco-íris, (*Oncorhynchus mykiss*) foram os primeiros registros de compensação total e parcial, respectivamente, de crescimento compensatório dependendo do protocolo utilizado (DOBSON; HOLMES, 1984).

Com bases nos resultados positivos em espécies de água fria, pesquisas também foram direcionadas para espécies de águas mais quentes (RIBEIRO; TSUZUKI, 2008), em especial, as de grande interesse para a aquicultura no continente Asiático, os ciprinídeo (ALI; NICIEZA; WOOTTON, 2003). Entretanto, para as espécies nativas ainda não se encontram muitos estudos sobre o crescimento compensatório.

Os efeitos da restrição alimentar e da realimentação sobre o desempenho produtivo, crescimento muscular e crescimento compensatório em larvas de pacu foram descritos por Kojima et al. (2015), que concluíram que, larvas de pacu submetidas aos diferentes períodos de jejum foram capazes de compensar o crescimento, e o período de até dois dias de jejum não afetou o desempenho zootécnico e o desenvolvimento posterior das larvas, podendo ser utilizado como uma estratégia alimentar alternativa na produção de juvenis de pacu.

Ensaio experimental de 78 dias realizados em juvenis de piapara (*Leporinus elongatus*) submetidos a restrição alimentar durante os finais de semana, ou seja, se alimentavam cinco dias e sofriam privação alimentar em dois dias; e grupos submetidos à restrição alimentar nos

primeiros 21 dias de experimento, seguidos de realimentação até o final do experimento (GONÇALVES et al., 2014) apresentaram compensação total após a realimentação comparando ao grupo controle que recebeu alimentação diariamente.

Urbinati et al., (2014) avaliou ciclos de curto prazo de privação (dois dias) seguida de realimentação (três ou quatro dias) durante 60 dias em juvenis de matrinxã e concluíram que, a espécie apresentou crescimento compensatório total com redução de quase 40% do alimento oferecido, representando uma alternativa efetiva um para redução dos custos de produção.

Os parâmetros de crescimento compensatório em juvenis de tambaqui, submetidos a quatro períodos de privação (0, 14, 21 e 28 dias) seguidos de realimentação até completar 98 dias de ensaio, mostraram que a espécie apresenta crescimento compensatório total após privação por duas semanas (ITUASSÚ et al., 2004).

Resultados negativos do efeito da privação alimentar sobre o desempenho produtivo, foram obtidos em formas jovens do robalo-flecha (*Centropomus undecimalis*) expostos a jejum de 2 ou 3 dias na semana durante 8 ciclos (HERRERA et al., 2016). Os peixes submetidos a diferentes períodos de restrição não conseguiram obter crescimento similar aos que receberam alimentação diária, concluindo assim que ciclos curtos de privação alimentar e realimentação não induzem crescimento compensatório para a espécies.

3.5 Crescimento muscular

O tecido muscular esquelético do peixe representa entre 40 a 75% da massa total (COTRIM et al., 2016) e desenvolve grande importância, uma vez que o ambiente pode afetar o desenvolvimento do tecido muscular (JOHNSTON, 2006). Dentro de poucas exceções, as espécies de peixes apresentam um crescimento contínuo e plástico durante maior parte do ciclo de vida (JOHNSTON, 1999; PAI et al., 2000).

Os elementos estruturais dos tecidos muscular são formados pelas fibras musculares (BANKS, 1992), que são células que se encontram-se agrupadas e organizadas em três compartimentos distintos: vermelhas, intermediárias e brancas. A distribuição das fibras nos compartimentos é variável entre as espécies e estágio de desenvolvimento.

As fibras vermelhas, localizada na região superficial, está localizada sob a derme, e consiste em fibras com metabolismo oxidativo e abundante mioglobina (COTRIM et al., 2016). São formadas por fibras menores (25 a 45 μm), de contração lenta e metabolismo oxidativo, sendo utilizadas na realização de movimentos lentos e de sustentação, como durante a migração (JOHNSTON, 1980).

Com tamanho de até 100 μm as fibras brancas representam a maior parte da massa muscular (KILARSKI, 1990), consiste em fibras com atividade oxidante reduzida e pouca mioglobina, sendo responsáveis pela contração rápida e metabolismo glicolítico e baixa concentração de mioglobina. Sua função é exercida durante a realização de movimentos bruscos de natação, como na captura de alimento ou durante a fuga de predadores. Entre o compartimento vermelho e branco encontra-se a musculatura intermediária que apresentam fibras com características morfofisiológicas intermediárias entre as fibras vermelhas e brancas (CARANI et al., 2008).

O crescimento do tecido muscular nos peixes ocorre por dois processos, a hipertrofia e a hiperplasia das fibras. A hipertrofia é responsável pelo crescimento do miotômo e está relacionada com o aumento do volume das fibras musculares. A hiperplasia acontece pelo aumento no número de fibras, sendo dividido em hiperplasia estratificada e em mosaico. Na estratificada ocorre devido ao aumento em espessura das camadas musculares a partir de zonas germinais de proliferação celular nas regiões dorsal e ventral dos miômeros (KOJIMA et al., 2015), ocorrendo, principalmente na fase larval dos peixes teleósteos (JOHNSTON, 2006). Já na hiperplasia em mosaico que ocorre principalmente na fase juvenil dos peixes é caracterizada pela ocorrência de fibras pequenas (20 a 30 μm) entre fibras maiores, formando um mosaico de fibras de diferentes tamanhos e estágios de diferenciação (JOHNSTON, 1999).

Os peixes de engorda que atingem grande porte, como a Piracanjuba, o crescimento muscular ocorre pela hiperplasia e hipertrofia durante todas as fases de desenvolvimento (KOJIMA et al., 2015). Já os peixes de pequeno tamanho o crescimento muscular ocorre principalmente por hipertrofia (ROWLERSON; VEGGETTI, 2001).

As estratégias alimentares, podem ocasionar danos no crescimento dos animais (SÄNGER; STOIBER, 2001) resultando na redução da musculatura estriada esquelética e acarretando na perda da fonte de proteínas. (WEATHERLEY; GILL, 1985). Por isso, torna-se interessante avaliar diferentes estratégias alimentares, como em períodos de privação alimentar sobre o, crescimento muscular, de Piracanjuba submetidas a diferentes períodos de restrição alimentar.

4. MATERIAL E METODOS

O experimento foi realizado no Biotério Central localizado no departamento de Medicina Veterinária (DMV) da Universidade Federal de Lavras, situado no município de Lavras (21°14'44"S 45°00'12"W), Minas Gerais, Brasil. Foram realizados dois ensaios experimentais: no primeiro, larvas de Piracanjuba (*Brycon orbignyanus*) com 28 horas após a eclosão (HAE) foram submetidas a atraso na primeira alimentação exógena para a verificação do ponto-de-não retorno e taxa de sobrevivência. No segundo ensaio foram utilizadas pós-larvas com 10 dias após a eclosão (DAE) que passaram por diferentes períodos de jejum e posteriormente realimentação para avaliação do desempenho, sobrevivência e crescimento muscular. Ambos os ensaios tiveram duração de 10 dias.

O material biológico foi obtido da estação de piscicultura da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) localizada em Itutinga, MG, Brasil por meio de reprodução induzida de matrizes de Piracanjuba, segundo metodologia descrita por Woynarovich e Horvath (1980).

As larvas foram transportadas da estação de piscicultura da CEMIG em sacos plásticos preenchidos com água dos próprios tanques de manutenção para o Biotério Central da UFLA, 24 horas após a eclosão. Ao chegar no laboratório, as larvas foram aclimatadas em uma caixa plástica com volume útil de 200 litros, dotada de aquecedores (~27°C), aeração constante e demais parâmetros de qualidade de água controlados de acordo com as características da espécie.

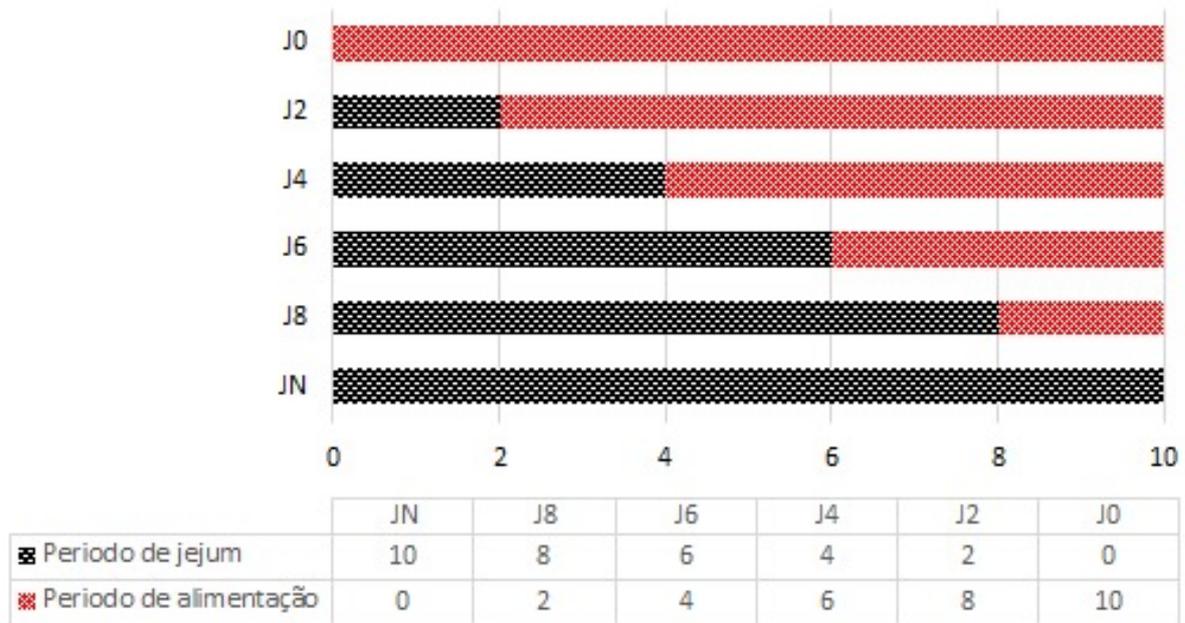
Todos os procedimentos usados com os animais foram aprovados pelo Comitê de ética no Uso de Animais (CEUA) da UFLA, sob protocolo N° 29/2017.

4.1 Ensaio 1- Sobrevivência de larvas e ponto de não retorno.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos com cinco réplicas cada. Quatro períodos de atraso na primeira alimentação exógena foram testados (2, 4, 6 e 8 dias), além de um controle positivo (animais alimentados por todo período experimental – 10 dias) e um controle negativo, (larvas mantidas em jejum - JN- por todo período experimental) (FIGURA 3)

Figura 3-Representação dos tratamentos do ensaio 1 e 2.

Representação dos tratamentos do experimento



Alimentação por 10 dias (J0); jejum de dois dias seguidos de 8 dias de alimentação (J2); jejum de quatro dias seguidos de 6 dias de alimentação (J4); jejum de seis dias seguidos de 4 dias de alimentação (J6); jejum de oito dias seguidos de 2 dias de alimentação (J8); jejum por todo o período experimental (JN).

Grupos de 24 larvas de Piracanjuba (28 HAE; peso e comprimento iniciais de $2,25 \pm 0,35$ mg e $6,92 \pm 0,23$ mm, respectivamente), foram estocados em 30 aquários de coloração branca (11 x 11,5 x 17 cm), com volume útil de 1,6 L utilizando a densidade de estocagem de 15 larvas.L⁻¹ proposta para a espécie por Pereira & Nuñez (2003).

Durante o período de alimentação as pós-larvas receberam náuplios de artêmia recém eclodido cinco vezes ao dia (8:00, 11:00, 14:00, 17:00 e 20:00 horas) numa concentração entre 12.000 a 14.000 organismos/dia/aquário, em quantidades semelhantes nos diferentes tratamentos. As quantidades fornecidas foram de acordo com o protocolo adotado por Tataje (2002) para pós-larvas de Piracanjuba.

O monitoramento das variáveis físico-químicas da água do sistema experimental foi aferido diariamente, a temperatura e oxigênio dissolvido com auxílio de um oximêtro (AT 155). A cada 2 dias, as variáveis amônia, nitrito e pH eram analisadas por meio de kit de análise de água (Alfakit®). Já a dureza e alcalinidade foram analisadas no início do período experimental por titulação.

Para manter a qualidade de água adequada para a espécie foram realizadas três trocas de água diárias parciais (30% cada) onde os resíduos acumulados no fundo dos aquários eram removidos por sifonamento.

Durante o período experimental as variáveis de qualidade de água observadas foram $4,3 \pm 0,4$ mg/L de oxigênio dissolvido; $6,6 \pm 0,4$ de pH; $0,15 \pm 0,05$ mg/L de amônia; $0,01 \pm 0,01$ mg/L de nitrito; 20 mg/L de CaCO₃; 30 mg/L de CaCO₃. A variação da temperatura foi de $26,3 \pm 0,19$ °C.

A determinação do ponto de não retorno foi calculada de acordo com Kojima (2015) em que os dados de sobrevivência ao final de cada período de jejum foram plotados graficamente e ajustados à linha de tendência por uma equação polinomial de terceiro grau.

4.2 Ensaio 2 - Desempenho zootécnico e histologia muscular.

Através da determinação do ponto de não retorno para larvas de Piracanjuba obtido no ensaio anterior, foi definido o melhor momento para iniciar a restrição alimentar, diminuindo os erros experimentais que podiam ser ocasionados pelo canibalismo. Sendo assim, foi realizado o ensaio 2, utilizando o mesmo delineamento experimental que o ensaio 1 porém com pós-larvas em idade superior com

O experimento foi iniciado com pós larvas de 10 DAE, antes disso todas as larvas foram mantidas em sistema aberto de 200 litros com temperatura e oxigênio controlado e não sofreram nenhuma restrição alimentar sendo alimentadas com náuplios de artêmia recém eclodidos em 5 refeições diárias (até 9 DAE).

Durante o ensaio 2 as variáveis de qualidade de água observadas foram $4,4 \pm 0,2$ mg/L de oxigênio dissolvido; $6,76 \pm 0,29$ de pH; $0,22 \pm 0,1$ mg/L de amônia; $0,01 \pm 0,01$ mg/L de nitrito; 20 mg/L de CaCO₃; 30 mg/L de CaCO₃. A variação da temperatura foi de $26,8 \pm 0,16$ °C.

4.2.1 Avaliação do crescimento, sobrevivência e canibalismo aparente

Para avaliação do crescimento, após o período de jejum e da realimentação foram coletados 20% das pós-larvas de cada unidade experimental, eutanasiadas por choque térmico, de acordo com Bombardelli & Sanches (2008), fixados inteiras em solução de paraformaldeído,

posteriormente, lavadas e preservadas em álcool 70%. Na sequência, foi aferido o peso (mg) e comprimento total (mm).

Ao final do período experimental, as pós-larvas foram pesadas individualmente e aferidas as medidas de comprimento com auxílio de paquímetro digital. Também foram avaliados os parâmetros de taxa de sobrevivência, mortalidade e canibalismo aparente.

Para o cálculo do canibalismo aparente foram levados em consideração as pós-larvas desaparecidas ou canibalizadas, mediante ao número de peixes inicialmente estocados e sobreviventes e os que foram contabilizados mortos.

A sobrevivência final das larvas (%) foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{Sobrevivencia (\%)} = \frac{N_f}{N_i - N_c} \times 100, \text{ onde:}$$

N_f = número de animais o final do experimento;

N_i = número de animais ao início do experimento;

N_c = número de animais coletados ao longo do experimento para as biometrias e encontrados mortos durante a limpeza dos tanques.

Já o canibalismo aparente foi calculado por meio da seguinte equação:

$$\text{Canibalismo aparente (\%)} = 100 - [\text{sobrevivência (\%)} + \text{Mortalidade (\%)}]$$

A partir dos dados biométricos foi calculado

- Ganho em comprimento (mm)

$$GC = \text{Comprimento final} - \text{Comprimento inicial}$$

- Ganho em peso (mg)

$$GP = \text{Peso final} - \text{Peso inicial}$$

- Taxa de crescimento específico (TCE)(%)

$$\frac{\ln P_f - \ln P_i}{\Delta t} \times 100, \text{ onde}$$

$\ln P_f$ = logaritmo do peso final;

$\ln P_i$ = logaritmo do peso inicial;

Δt = Duração em dias entre os intervalos de biometria.

4.2.2 Histologia do tecido muscular

Para realizar a morfometria das fibras musculares, no final da realimentação foram selecionados animais que encontravam-se dentro da média de peso e comprimento apresentada pelo tratamento. As coletas ocorreram simultaneamente a biometria, onde foram coletadas amostras (n=8) para as análises histológicas.

O processamento histológico foi realizado com a desidratação do tecido muscular através de série alcoólica crescente, diafanização em xilol e finalização com a impregnação e a inclusão em parafina seguindo o protocolo de rotina do Setor de Patologia Veterinária da UFLA. Cortes histológicos transversalmente ao corpo do animal, na região da nadadeira dorsal de quatro micrômetros de espessura foram obtidos em micrótomo e corados pela ação combinada de Hematoxilina de Harris e Eosina para descrição da morfologia.

A análise morfométrica das fibras musculares, na qual for medido o menor diâmetro de 200 fibras brancas por animal, foi determinada com auxílio de um microscópio, ligado a um sistema de análise de imagem computadorizada (AxionVision - Carl Zeiss Microscopy). Os dados obtidos dos diâmetros das fibras musculares foram distribuídos em classes de diâmetros <20 (D1), 20-50(D2) e >50 um para avaliar o grau de crescimento de pós-larvas de Piracanjuba.

4.3. Análises estatísticas

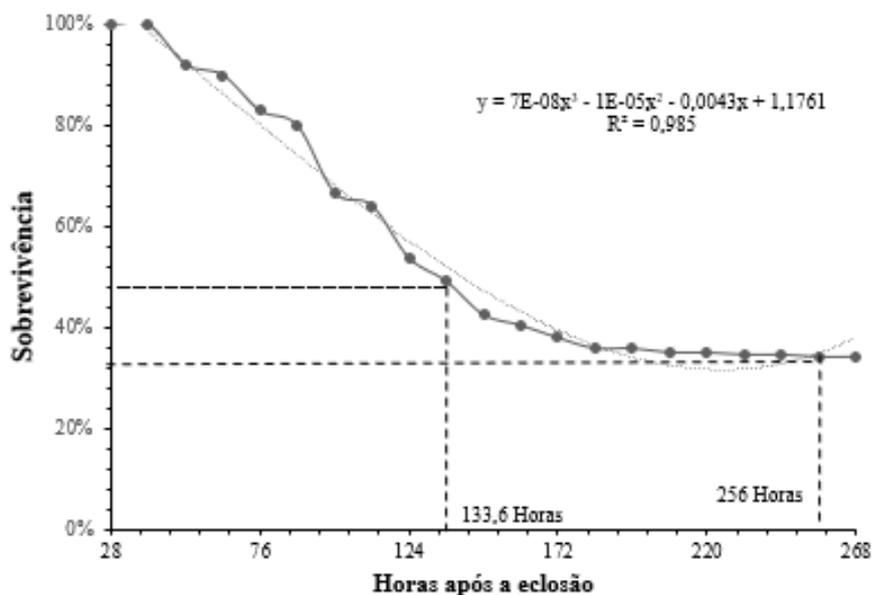
As variáveis dos experimentos um e dois foram submetidos à análise de variância (One-way ANOVA). Diferenças significativas foram comparadas pelo teste de Tukey (5% de probabilidade). Para o ponto de não retorno, foi calculado através de regressão polinomial de terceiro grau. Todas as análises foram realizadas com o software Minitab versão 18.1 (Minitab®). Os valores são expressos como média \pm desvio padrão.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Ensaio 1. Sobrevivência de larvas e ponto de não retorno.

Para o cálculo do ponto de não retorno (PNR) foram utilizados os dados médios das taxas de sobrevivência coletados a cada 12 horas e obteve-se a equação $y = 7E-08x^3 - 1E-05x^2 - 0,0043x + 1,1761$ ($R^2 = 0,985$) no ajuste dos dados (FIGURA 5), com isso determinou-se o momento que o atraso da primeira alimentação se torna irreversível. Verificou-se também que a ocorrência de mortalidade de 50% das larvas de Piracanjuba foi de 133,6 HAE (5,56 dias de jejum) à temperatura de 27 °C. Entretanto os tratamentos que receberam alimento após o atraso da alimentação continuaram a apresentar incidência de canibalismo.

Figura 4 - Ponto de não retorno para larvas de Piracanjuba (*B. orbignyanus*).



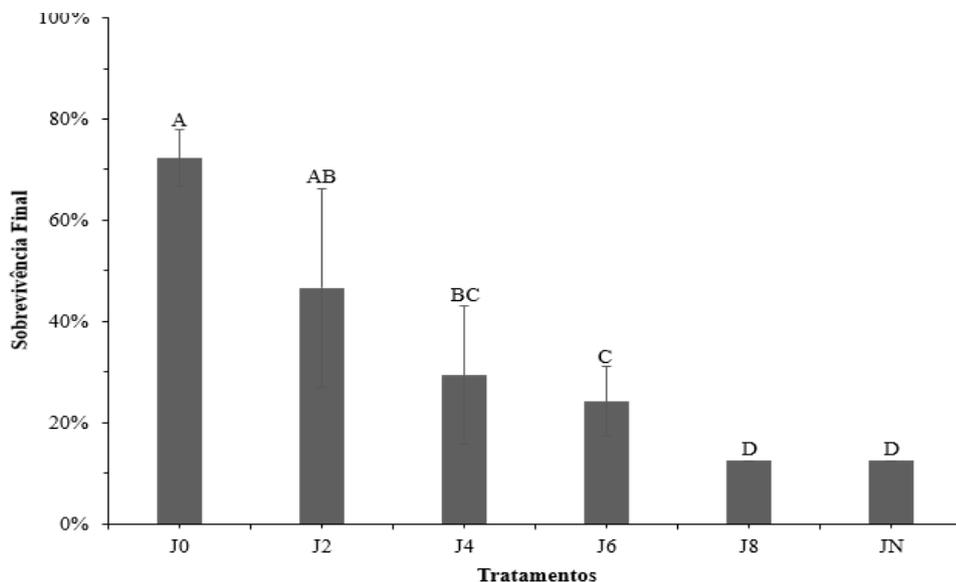
O PNR pode ser influenciado por diferentes fatores como duração das reservas energéticas, ambiente de cultivo e temperatura da água (YÚFERA et al., 2014; STRUSSMANN; TAKASHIMA, 1989; MARTINEZ-PALACIOS et al. 2002). Nossos resultados mostraram que larvas de Piracanjuba atingem o PNR em 5,56 DAE, porém a ocorrência de mortalidade ainda continuou mesmo com a oferta de alimento se estabelecendo apenas com 10,6 DAE. Em peixes nativos, o PNR foi determinado para duas espécies, Jundiá (LIMA et al., 2016) e larvas de pacu (KOJIMA et al., 2015), onde foram encontrados PNR de 7 DAE a uma temperatura de 29,79 °C, e 10,4 DAE à temperatura média de 29,8 °C,

respectivamente. Portanto, este é o primeiro trabalho a determinar o PNR em larvas de Piracanjuba.

Os efeitos dos diferentes períodos de restrição alimentar podem ser avaliados por vários métodos, como bioquímico, histológico, bromatológico e desempenho zootécnico (OLIVEIRA et al., 2015, SHERIDAN & MOMMSEN, 1991) Entretanto, no presente trabalho o hábito carnívoro durante a larvicultura poderia influenciar o erro experimental devido a ocorrência de predação, não ocorrendo uma restrição plena, dessa maneira os efeitos do atraso da primeira alimentação foram avaliados pela sobrevivência final dos diferentes tratamentos.

O atraso na primeira alimentação afetou negativamente a sobrevivência das larvas de Piracanjuba ($P < 0,05$) sendo a sobrevivência menor quanto mais demorado foi o fornecimento do primeiro alimento (FIGURA 5). A realimentação apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) demonstrando que o atraso na alimentação de até 2 dias é o menos prejudicial para a sobrevivência, comparando a 4, 6 e 8 dias de jejum. Consequentemente, a menor taxa de sobrevivência foi obtida no tratamento que permaneceu em jejum durante oito dias não diferindo significativamente ($P > 0,05$) do controle negativo.

Figura 5 -Sobrevivência final de larvas de Piracanjuba (*B. orbignyanus*).



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$)

Quanto mais jovem for o organismo aquático, mais drástico será o efeito do jejum na sobrevivência final, devido a presença das baixas reservas energéticas (MÉNDEZ; WIESER, 1993). Em pós-larvas de pacu (MENOSSI, 2014), os resultados foram semelhantes aos

encontrados no presente estudo e o jejum afetou drasticamente a sobrevivência. Por outro lado, a privação do alimento não afetou a sobrevivência final de Matrinxã (CAMARGO; URBINATI, 2008) e carpa comum (*Cyprinus carpio*) (FORGATI 2011), uma vez que ambos ensaios foram realizados com animais maiores.

Desta forma, o conhecimento do PNR é um aspecto importante para o desenvolvimento da aquicultura, pois permite escolher o melhor protocolo de tempo para iniciar a alimentação exógena, evitando a mortalidade e possíveis gastos com a oferta de alimento vivo. Os resultados encontrados, neste estudo, demonstram que a ausência de alimentos durante as primeiras horas de vida afeta drasticamente o canibalismo e a sobrevivência final.

5.2 Ensaio 2 desempenho zootécnico e histologia muscular.

5.2.1 Desempenho zootécnico

Os resultados obtidos para os parâmetros de desempenho estão apresentados na Tabela 1 e 2. Houve efeito ($P < 0,05$) do período de restrição alimentar seguido de realimentação sobre as variáveis Peso final (PF); Ganho de peso (GP); Comprimento final (CF); Ganho de comprimento (GC) e Taxa de crescimento específico (TCE). Em relação a sobrevivência final, o jejum não apresentou diferença significativa ($P > 0,05$). Não foi observado interação entre as variáveis de desempenho (TABELA 1).

Não ocorreu canibalismo nas pós-larvas de Piracanjuba submetidas ao experimento.

Tabela 1-Médias e desvio padrão dos parâmetros de desempenho de pós-larvas de Piracanjuba (*B. orbignyanus*).

Variáveis	Tratamentos					
	J0	J2	J4	J6	J8	JN
PI(MG)	72,84 ± 8,61	58,98 ± 8,53	42,81 ± 9,19	40,41 ± 8,81	37,92 ± 8,65	72,84 ± 8,61
PF(mg)	161,61 ± 12,64 ^a	153,40 ± 13 ^a	94,42 ± 9,99 ^b	76,73 ± 9,98 ^c	53,18 ± 8,28 ^d	37,39 ± 5,31 ^e
CI(mm)	19,71 ± 1,74	18,35 ± 0,94	15,21 ± 0,70	15,98 ± 0,66	15,15 ± 0,72	19,71 ± 1,74

CF(mm)	25,20 ± 1,64 ^a	24,96 ± 2,20 ^a	20,21 ± 1,33 ^b	20,09 ± 1,44 ^b	19,04 ± 1,48 ^b	16,03 ± 1,12 ^c
GC(mm)	5,49 ± 1,64 ^{ab}	6,60 ± 2,20 ^a	4,99 ± 1,33 ^{bc}	4,11 ± 1,44 ^{bc}	3,89 ± 1,48 ^c	-3,67 ± 1,12 ^d

Médias seguidas da mesma letra nas linhas não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Peso inicial (PI); Peso final (PF); Comprimento inicial (CI); Comprimento final (CF); Ganho em comprimento (GC).

Na literatura são encontrados resultados variados em estudos com aplicação de protocolos de restrição alimentar seguido de realimentação em peixes de água doce (SEVGILI et al., 2012, 2013;), nas diferentes fases de desenvolvimento. Entretanto, com a espécie *B. orbignyana* está prática não foi registrada até o presente.

Sabe-se que o crescimento compensatório geralmente ocorre após um período de restrição alimentar. Os peixes sujeito a privação anterior podem recuperar o peso de forma parcial (HERRERA et al., 2016; NEBO et al., 2017; HEIDE et al., 2006; TAKAHASHI et al., 2011) ou completa (SEVGILI et al. 2012, 2013; KIM; LOVELL 1995; URBINATI et al., 2014; SRIJILA et al., 2014) em relação àqueles que não foram submetidos a restrição.

No presente estudo os animais sujeitos a privação total de alimento de dois dias (J2) seguido de realimentação durante oito dias, apresentaram ganho de peso superior aos animais do controle positivo (J0), os quais não sofreram nenhum tipo de restrição alimentar, portanto os dados evidenciam que pós-larvas de Piracanjuba apresentam compensação total para ganho de peso (TABELA 2).

Tabela 2-Ganho em Peso final (mg) e desvio padrão de pós-larvas de Piracanjuba (*B. orbignyana*) submetidas a realimentação após períodos de restrição.

Tratamentos	Ganho em Peso (mg)
J0	88,80 ± 12,64 ^a
J2	94,42 ± 13,00 ^a
J4	54,86 ± 9,99 ^b
J6	36,33 ± 9,98 ^c
J8	15,26 ± 8,28 ^d
JN	-35,43 ± 5,31 ^e

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P>0,05$)

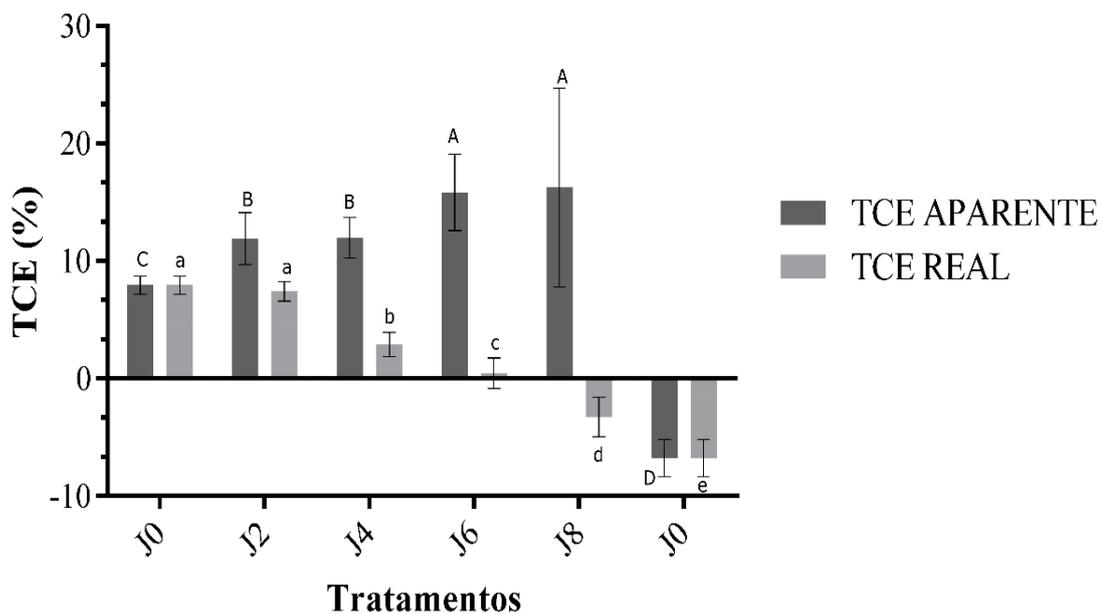
Esta capacidade de compensar os períodos de privação de alimento (ALI; NICIEZA; WOOTTON, 2003) já foi documentado por Kojima (2015) para pós-larvas de pacu, expostas ao mesmo protocolo de jejum utilizado no presente ensaio. Esses resultados demonstram que essa espécie (*P. mesopotamicus*) também é capaz de compensar períodos de até dois dias de jejum na fase larval, desde que a realimentação ocorra por 30 dias.

Os mecanismos exatos do crescimento compensatório ainda são mal compreendidos. No entanto a hiperfagia e a eficiência alimentar são as bases fisiológicas das respostas compensatórias, que pode ocorrer simultaneamente ou não (HAYWARD et al., 1997; SEVGILI et al., 2013; URBINATI et al., 2014; XIE et al., 2001).

Quando a alimentação é restabelecida os animais submetidos a um déficit alimentar se tornam hiperfágicos comparados com peixes mantidos com a oferta de alimento *ad libitum* continuamente, refletindo no consumo diário do alimento. No presente este estudo a hiperfagia aparente (determinada por meio das observações de sobra de alimento vivo) foi evidente em todos os tratamentos durante a realimentação mesmo naqueles que não apresentaram compensação no crescimento. Entretanto nos tratamentos J4, J6 e J8 o tempo de realimentação não foi suficiente para apresentar ganho compensatório mesmo que esses animais apresentaram hiperfagia. Conforme relatado por Ali, Nicieza e Wootton (2003), faz-se necessário um período superior de realimentação, para voltar ao estágio metabólico inicial e apresentar compensação total de crescimento. Em *Perca flavescens*, o fim da hiperfagia ocorreu após duas semanas de realimentação e em juvenis de *Lates calcarifer* a duração se prolongou até 21 dias de realimentação. Tian e Qin (2004) concluíram que o crescimento compensatório completo ocorre apenas em peixes com uma restrição de alimentação moderada, por outro lado Ali et al (2016) enfatiza que o crescimento compensatório durante a fase de recuperação só ocorre quando o período de realimentação for igual ou maior do que a duração do período de privação de alimento. A teoria lipostática proposta por Kennedy (1953) descreve que quanto maior a entrada de energia menor será a duração da hiperfagia, resultados evidenciados para juvenis de tambaqui (Santos et al 2011). Os dados do presente trabalho sugerem que é necessário um período mais longo de realimentação em pós-larvas de Piracanjuba para recuperar suas reservas energéticas após período maior do que 2 dias de restrição alimentar. A baixa relação Energia/proteína presente na composição dos náuplios de artêmia (STAPPEN 1998) recém eclodidos ofertados durante a realimentação evidenciam a ocorrência de hiperfagia em todos os tratamentos.

Na figura 6 estão representados os valores das taxas de crescimento específica das pós-larvas de Piracanjuba submetidas a realimentação. Observa-se melhoras numéricas na taxa de crescimento específico “aparente”, pois considera apenas o período de realimentação, excluindo o período de restrição. Entretanto, a TCE de todo período comprova que ($P < 0,05$) que a restrição alimentar de até dois dias não afetou esta variável, e os demais tratamentos foram prejudicados.

Figura 6 - Taxa de crescimento específico no período e na restrição de pós-larvas de Piracanjuba (*B. orbignyanus*)

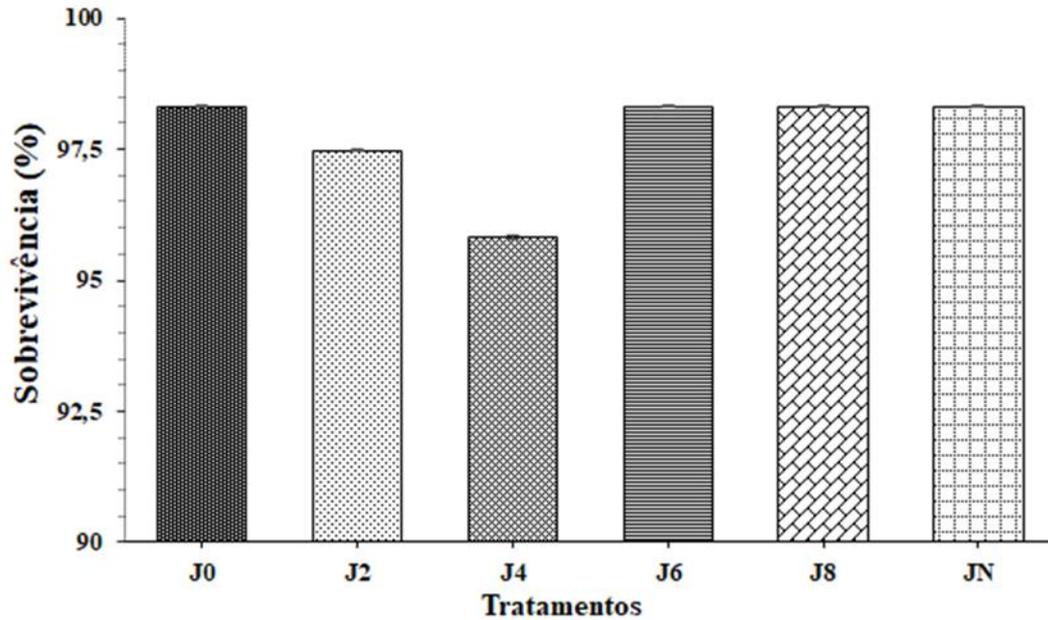


Tratamentos com letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste tukey

As pós-larvas que permaneceram em jejum durante todo o período apresentaram TCE negativa indicando que as reservas nutricionais estavam sendo consumidas. Resultados negativos para esta variável foram encontrados em juvenis de peixe-rei (*Odontesthes argentinensis*) (TESSER; SAMPAIO 2006) e juvenis de pacu (MENOSSI 2014) após a privação de alimento.

As estratégias alimentares adotadas durante o ensaio não influenciaram a sobrevivência final ($P > 0,05$) conforme apresentado na figura 7. Não ocorreu canibalismo nos animais de nenhum dos tratamentos. Esse resultado pode ser justificado em função da estabilização da curva do PNR obtida no ensaio 1 e que definiu a melhor idade para iniciar a privação de alimento.

Figura 7- Sobrevivência final de pós-larvas de Piracanjuba (*B. orbignyanus*) após a realimentação

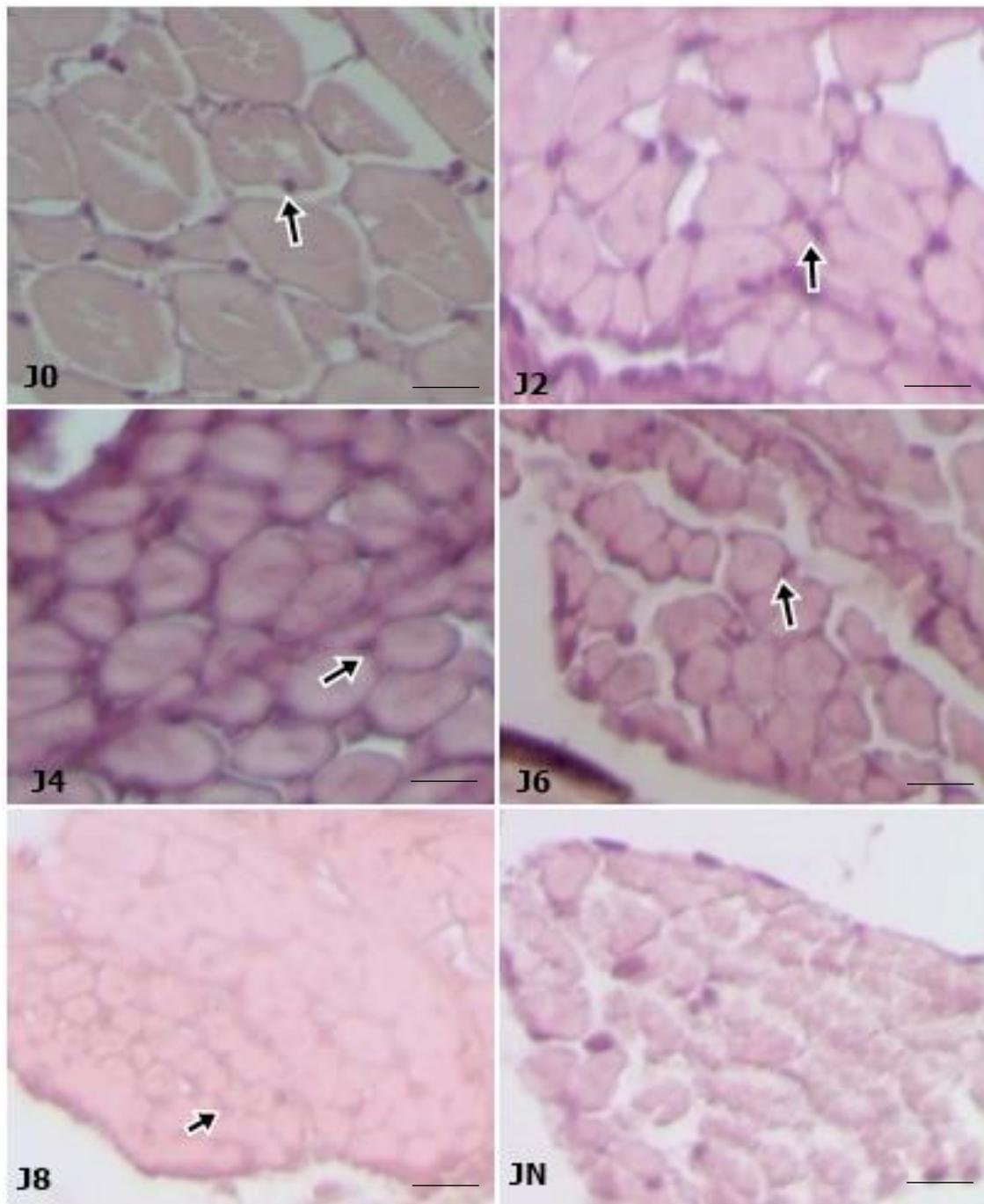


De maneira geral foi observado que os animais do tratamento J0 e J2 apresentaram uma maior uniformidade o que pode ser confirmado pelo coeficiente de variação, ou seja, ao final da experimentação os peixes de ambos tratamentos apresentavam tamanhos semelhantes. A homogeneidade do lote na larvicultura é um aspecto fundamental para o sucesso da piscicultura (LUZ et al., 2007; SALARO et al., 2003)

5.2.2 Histologia muscular

As análises morfométricas das fibras musculares de pós-larvas de Piracanjuba, apresentaram formas arredondadas e poligonais, separada por uma fina camada de tecido conjuntivo frouxo, denominado de endomisio, também é possível observar a posição periférica dos núcleos, característica específicas encontradas em tecidos muscular estriado esquelético. Adicionalmente, em todos os tratamentos foram observadas fibras distribuídas em mosaico caracterizadas por fibras de diferentes tamanhos (FIGURA 8). Verificou desestruturação das fibras musculares observadas em todas as lâminas histológicas do tratamento JN, indicando atrofia muscular. Não foi possível identificar o diâmetro das fibras musculares para os animais do tratamento JN.

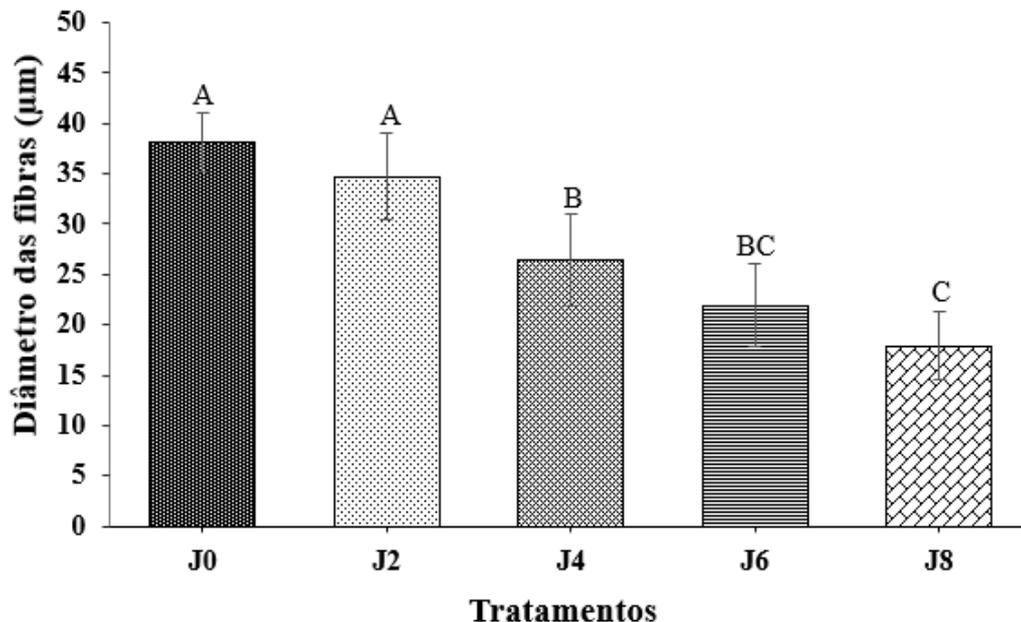
Figura 8 - Seções transversais da musculatura esquelética de pós-larvas de Piracanjuba (*B. orbignyanus*) dos tratamentos J0,J2,J4,J6,J8 e JN.



Seções transversais do musculo estriado esquelético de Piracanjuba (*B. orbignyanus*) dos tratamentos J0, J2, J4, J6, J8 e JN, (↗) Fibras musculares com núcleo periférico, coloração Hematoxilina e Eosina, Aumento 100x, Barra: 100 μ m

Em relação à média dos diâmetros (μm) das fibras musculares (FIGURA 9), houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os animais do controle positivo ($38,1 \pm 2,97$) e os animais dos tratamentos que ficaram quatro ($26,36 \pm 4,57$), seis ($21,93 \pm 4,12$) e oito ($17,92 \pm 3,32$) dias de jejum, seguido de realimentação por seis, quatro e dois dias, respectivamente. Os animais que permaneceram em restrição alimentar durante dois dias (J2) e posterior realimentação durante oito dias não apresentaram diferença significativa ($P > 0,05$) no diâmetro das fibras musculares ($34,72 \pm 4,36$) quando comparado ao controle positivo.

Figura 9 - Médias \pm desvio padrão do diâmetro das fibras brancas do tecido muscular estriado esquelético de pós-larvas de Piracanjuba (*B. orbignyanus*) nos diferentes regimes de privação alimentar.



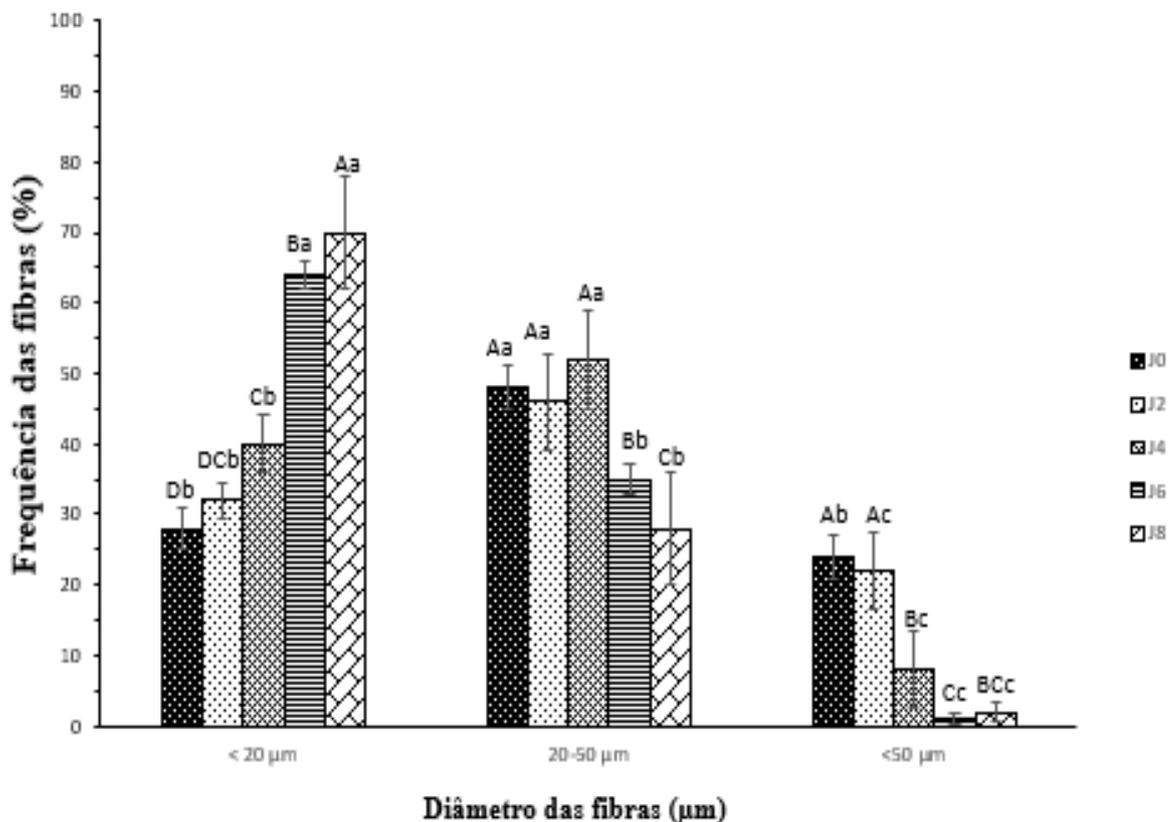
Tratamentos com letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste tukey

Para determinar os efeitos da realimentação após a restrição alimentar em pós-larvas de Piracanjuba sobre o crescimento muscular, consideramos a classe $< 20 \mu\text{m}$ como fibras recém formadas (fibras hiperplásicas), classe $20-50 \mu\text{m}$ como fibras intermediárias crescentes e classe $> 50 \mu\text{m}$ como fibras hipertróficas crescentes (ROWLERSON e VEGGETTI, 2001)

Na figura 10 são apresentados os dados referentes à frequência das fibras musculares de acordo com as classes de diâmetro. O diâmetro das fibras musculares apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$), entre os diferentes tratamentos e entre as diferentes classes de diâmetro. Para cada período de restrição alimentar, pode ser observado um menor número de fibras com diâmetro $> 50 \mu\text{m}$. O controle positivo e os tratamentos em jejum durante dois (J2) e quatro (J4)

dias apresentaram maior frequência de fibras das classes 20-50 μm ($P < 0,05$), sendo que os animais do tratamento J0 apresentaram 48,2% do total de fibras medidas, os do tratamento J2 apresentaram 46,44% e os do tratamento J4 apresentaram 52% de fibras na mesma classe. Os tratamentos J6 e J8 apresentaram maior concentração de fibras com diâmetro $< 20 \mu\text{m}$ ($P < 0,05$) na proporção de 63,7% e 71,1% respectivamente.

Figura 10 - - Distribuição das frequências (%) dos diâmetros das fibras do tecido muscular estriado esquelético de pós-larvas de Piracanjuba (*B. orbignyanus*) nas classes de diâmetros ($< 20 \mu\text{m}$, 20-50 μm e $> 50 \mu\text{m}$).



Letras maiúsculas comparam as classes entre os tratamentos e minúsculas comparam as classes de diâmetro dentro do mesmo tratamento. Tratamentos com letras diferentes indicam diferença significativa ($P < 0,05$) pelo teste tukey

A privação e a disponibilidade do alimento afetam diretamente o crescimento muscular dos organismos aquáticos. (MARTELL; KIEFFER; TRIPPEL 2005, JOHNSTON, 2006) por meio de alterações das vias sinalizadores de regulação da proliferação e diferenciação das células miogênicas refletindo no crescimento muscular. O desenvolvimento muscular dos

peixes ocorre devido a uma população de células miogênicas, que após a ativação se proliferam e fornecem núcleo que são responsáveis pelo crescimento muscular, podendo ocorrer por hiperplasia (recrutamento de novas fibras musculares) e hipertrofia (aumento do diâmetro/área das fibras) (JOHNSTON; BOWER; MACQUEEN, 2011).

No presente estudo, houve uma acentuada diminuição do peso nos animais que passaram mais dias em restrição alimentar, verificado a partir das variáveis de desempenho, tais como PF, GP e TCE. Da mesma forma, em relação ao desenvolvimento muscular observa-se que diferentes períodos de privação alimentar e posterior realimentação alteram diferencialmente a distribuição de frequência das fibras musculares, evidenciando a correlação entre a diminuição do peso e a maior quantidade de fibras da classe de diâmetro $< 20 \mu\text{m}$. A redução do peso como reflexo do jejum, ocorre devido a alterações metabólicas e fisiológicas afim de obter energia a partir das reservas corporais armazenadas, com isso, acarreta na diminuição do diâmetro das fibras devido a degradação primária das proteínas presente na musculatura o que reflete os achados de atrofia muscular nos animais do JN (MUZITANO et al., 2014). Conforme o relatado por Kojima et al. (2015) e Menossi (2014), os quais observaram que pós-larvas e juvenis de pacu, respectivamente privados e realimentados apresentaram fibras de menores classes, relacionando esse fato a atrofia muscular. Entretanto, Forgati (2011) estudando a privação alimentar em carpa comum verificou alterações musculares, causando desestruturação das fibras da musculatura, redução na espessura das fibras e redução da densidade das fibras menores, provavelmente degradadas durante a supressão de alimento para a manutenção do animal.

Quando a hiperplasia está ocorrendo, observa-se um mosaico de fibras com diferentes diâmetros e predominam fibras com diâmetro menor que $25 \mu\text{m}$. A presença de diferentes classes de fibras no músculo com aparência em mosaico é uma indicação do grau de formação de fibras novas (CARANI et al., 2008). A maioria das fibras musculares é aumentada por hiperplasia em mosaico na maioria das espécies de aquicultura que apresentam crescimento indeterminado e atingem um grande tamanho corporal (JOHNSTON, 1999; ASADUZZAMAN et al., 2013). A hipertrofia ocorre quando a taxa de síntese de proteína é maior do que a taxa de degradação da proteína, resultando em um aumento do tamanho da fibra muscular.

De modo geral, as fibras musculares das pós-larvas de todos os tratamentos apresentaram maior frequência de fibras inferior a classe $50 \mu\text{m}$ indicando a presença de fibras recém-formadas pelo processo de hiperplasia (ROWLERSON; VEGGETTI, 2001) e fibras intermediárias crescente sugerindo menor investimento no crescimento hiperplásico, já iniciando investimento em hipertrofia. O presente estudo corroborou que diferentes períodos

de realimentação após a restrição alimentar mudaram diferencialmente a distribuição de frequência das fibras musculares em pós-larvas de Piracanjuba.

6 CONCLUSÃO

De acordo com os dados obtidos neste estudo pode-se concluir que o ponto de não retorno para larvas de Piracanjuba submetidas a restrição alimentar nos primeiros dias de vida foi de 5,6 DAE sendo que a mortalidade se estabiliza aos 10,6 DAE. Estes dados são essenciais para determinar o protocolo alimentar durante os primeiros dias de vida das larvas.

A restrição alimentar em pós-larvas de Piracanjuba por um período maior de dois dias compromete o desempenho zootécnico e o crescimento muscular das mesmas.

REFERÊNCIAS

- ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R. J. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. **Fish and Fisheries**, Leicester, v. 4, n. 2, p. 147–190, 2003.
- ASADUZZAMAN, M. D. et al. The expression of multiple myosin heavy chain genes during skeletal muscle development of torafugu *Takifugu rubripes* embryos and larvae. **Gene**, [s.l.], v. 515, n. 1, p.144-154, 2013.
- ATENCIO-GARCÍA, V. et al. Influência da primeira alimentação na larvicultura e alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Characidae). **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 61-72, 2003.
- BANKS, W. J. **Histologia veterinária aplicada**. 2.ed. São Paulo: Editora Manole Ltda, 1992
- BLAXTER J.H.S, EHRLICH K.F. Changes in behavior during starvation of herring and plaice larvae. **The early life history of fish**, [s.I], p.575-588, 1974.
- BLAXTER, J. H. S.; HEMPEL, G. The influence of egg size on herring larvae (*Clupea harengus* L). **Journal du Conseil International pour l' Exploration de la Medeterranee**, v.28, p. 211-244, 1963.
- CAMARGO, A. C. et al. Desenvolvimento gonadal de fêmeas de matrinxã, *Brycon amazonicus*, submetidas a restrição alimentar. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 4, p.1105-1110, 2008.
- CARANI, F. R. et al. Morfologia e crescimento do músculo estriado esquelético no pirarucu *Arapaima gigas* Cuvier, 1817 (Teleostei, Arapaimidae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 205-211, 2008.
- CARUSO et al. Short fasting and refeeding in red porgy (*Pagrus pagrus*, Linnaeus 1758): Response of some haematological, biochemical and non specific immune parameters. **Marine Environmental Research**, [s.I], v. 81, p. 18–25, 2012.
- CASTAGNOLLI; N. **Piscicultura de água doce**. Jaboticabal, FINEP, 189p. 1992.
- CECCARELLI, P.S. **Canibalismo em larvas de matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869)**. 1997. 92 p. Dissertação - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1997.
- CHAPPAZ, R.; OLIVART, G.; BRUN, G. Food availability and growth rate in natural populations of the brown trout (*Salmo trutta*) in Corsican streams. **Hydrobiologia**, [s.I], v. 331, n. 13, p. 63–69, 1996.
- CHO, S. H.; HEO, T.Y. Effect of dietary nutrient composition on compensatory growth of juvenile olive flounder *Paralichthys olivaceus* using different feeding regimes: Effect of dietary nutrient on compensation of flounder. **Aquaculture Nutrition**, [s.I], v. 17, n. 1, p. 90–97, 2011.
- CONCEIÇÃO, L. E. C. et al. Amino acid metabolism and protein turnover in larval turbot (*Scophthalmus maximus*) fed natural zooplankton or *Artemia*. **Marine Biology**, [s.I], v. 129, n. 2, p. 255–265, 1997.

COSTA, D. C. et al. Larvicultura de piabanha-do-pardo em aquários de cores diferentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.I.], v. 48, n. 8, p. 1005–1011, 2013.

COTRIM et al. The compensatory growth of skeletal muscle cells in Amazonian catfish (*Pseudoplatystoma reticulatum* female x *Leiarius marmoratus* male). **Scientific Electronic Archives**, Sinop, v. 9 n. 2, p 53-66, 2016

DAL PAI, V. et al. Morphological, Histochemical and Morphometric Study of the Myotomal Muscle Tissue of the Pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg 1887: Serrasalminae, Characidae, Teleostei). **Anatomia, Histologia, Embryologia** [s.I.], v. 29, n. 5, p. 283–289, 2000.

DIAS, D. et al. Probiótico na larvicultura de matrinxã, *Brycon amazonicus*. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá v. 33, n. 4, p. 365-368, 2011.

DOBSON, S. H.; HOLMES, R. M. Compensatory growth in the rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. **Journal of Fish Biology**, [s.I.], v. 25, n. 6, p. 649–656, 1984.

FARBRIDGE, K.J.; LEATHERLAND, J.K. Temporal changes in plasma thyroid hormone, growth hormone and free fatty acid concentrations, and hepatic 5 α -monodeiodinase activity, lipid and protein content during chronic fasting and re-feeding in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Fish Physiology and Biochemistry**, [s.I.], v.10, p.245-257, 1992.

FEIDEN, A.; HAYASHI, C. Desenvolvimento de juvenil de Piracanjuba (*Brycon orbignyannus*), Vallencienes (1849) (Teleostei: characidae) em tanques experimentais fertilizados com adubação orgânica. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, n.4, p.591-600, 2005.

FRAGA, A. L. et al. Qualitative feed restriction for heavy swines: effect on digestibility and weight of organs of digestive tract, and environmental impact of feces. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 6, p. 1353–1363, 2009.

FROESE, R.; PAULY, D. (Ed.) **Fish base**. 2000.

GANECO, L. N.; NAKAGHI, L. S. O. Morfologia da micrópila e da superfície dos ovócitos de piracanjuba, *Brycon orbignyanus* (Osteichthyes, Characidae), sob microscopia eletrônica de varredura. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá v. 25, n. 1, p. 227-231, 2003.

GISBERT, E.; CONKLIN, D. B.; PIEDRAHITA, R. H. Effects of delayed first feeding on the nutritional condition and mortality of California halibut larvae. **Journal of Fish Biology**, [s.I.], v. 64, n. 1, p. 116–132, 2004.

GOMIERO, J.S.G. et al. Curvas de crescimento morfométrico de piracanjuba (*Brycon orbignyanus*). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p.882-889, 2009.

GONÇALVES, A.F.N. et al. Densidade de estocagem e restrição alimentar em juvenis de piapara. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v.40, n. 2, p.431-439, 2014.

- HEIDE, A. et al. Compensatory growth and fillet crude composition in juvenile Atlantic halibut: Effects of short term starvation periods and subsequent feeding. **Aquaculture**, [s.I], v. 261, n. 1, p. 109–117, 2006.
- HERRERA, L. A. et al. Crescimento compensatório e privação alimentar no desempenho produtivo do robalo-flecha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.I], v. 51, n. 6, p. 776–779, 2016.
- HOUDE E.D. Effects of temperature and delayed feeding on growth and survival of larvae of three species of subtropical marine fishes. **Marine Biology**, [s.I], v. 26 p. 271-85, 1974
- HOWES, G. Review of the generous Brycon (Teleostei: Characoidei). **Bulletin of the British Museum Natural History**, Oxford, v. 43, n. 1, p. 1- 4, 1982.
- ITUASSU D.R. et al. Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p.1199-1203, 2004.
- JOHNSTON, I. A. 1999. **Muscle development and growth: potential implications for flesh quality in fish**. Atlantic, 99-115
- JOHNSTON, I. A.; BOWER, N. I.; MACQUEEN, D. J. Growth and the regulation of myotomal muscle mass in teleost fish. **Journal of Experimental Biology**, v. 214, n. 10, p. 1617–1628, 2011.
- JOHNSTON, I.A. Environment and plasticity of myogenesis in teleost fish. **The Journal of Experimental Biology**, [s.I] v. 209, p. 2249-2264, 2006.
- JOHNSTON, I.A. Specialization of fish muscle. In: GOLDSPINK, D.F. (Ed.). **Development and specializations of muscle**. Cambridge: Cambridge University Press, 1980. p. 123-148.
- JOMORI, R. K. et al. Growth and survival of pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) juveniles reared in ponds or at different initial larviculture periods indoors. **Aquaculture**, [s.I], v. 221, n. 1–4, p. 277–287, 2003.
- KILARSKI, W. Histochemical characterization of myotomal muscle in the roach, *Rutilus rutilus* (L.). **Journal of Fish Biology**, [s.I], v. 36, n. 3, p. 353–362, 1990.
- KIM, M. K.; LOVELL, R. T. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus punctatus* in ponds. **Aquaculture**, [s.I], v. 135, n. 4, p. 285–293, 1995.
- KOJIMA, J.T. et al. Short periods of food restriction do not affect growth, survival or muscle development on pacu larvae. **Aquaculture**, [s.I], v. 436, p. 137–142, 2015.
- KOLKOVSKI, S.; KOVEN, W.; TANDLER, A. The mode of action of *Artemia* in enhancing utilization of microdiet by gilthead seabream *Sparus aurata* larvae. **Aquaculture**, [s.I], v. 155, n. 1–4, p. 193–205, 1997.
- LUZ, R.K. Resistência ao estresse e crescimento de larvas de peixes neotropicais alimentadas com diferentes dietas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [s.I], v. 42, n.1, p. 65-72, 2007.

MARTELL, D. J.; KIEFFER, J. D.; TRIPPEL, E. A.. Effects of temperature during early life history on embryonic and larval development and growth in haddock. **Journal Of Fish Biology**, [s.l.], v. 66, n. 6, p.1558-1575, 2005.

MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A et al. Effect of temperature on growth and survival of *Chirostoma estor estor*, Jordan 1879, monitored using a simple video technique for remote measurement of length and mass of larval and juvenile fishes. **Aquaculture**, [s.I.], v. 209, n. 1–4, p. 369–377, 2002.

MÉNDEZ, G.; WEISER, W. (1993). Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus* (Teleostei: Cyprinidae). **Environ. Biol. Fishes**, [s.I.], v. 36 p. 73-81, 1993

METÓN, I.; FERNÁNDEZ, F.; BAANANTE, I. V. Short- and long-term effects of refeeding on key enzyme activities in glycolysis–gluconeogenesis in the liver of gilthead seabream (*Sparus aurata*). **Aquaculture**, [s.I.], v. 225, n. 1–4, p. 99–107, 2003.

MOREIRA, A.B. et al. Fatty Acids Profile and Cholesterol Contents of Three Brazilian Brycon Freshwater Fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.14, n. 6, p. 565-574, 2001.

MURGAS, L. D. S.; FRANCISCATTO, R. T.; SANTOS, A. G. O. Avaliação espermática pós-descongelamento em piracanjuba (*Brycon orbignyanus*, Valenciennes, 1849). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v. 32, n.6 suppl 2, p. 1810–1814, 2003.

MUZITANO, I. S. et al. Suplementação de vitamina C na estruturação do tecido conjuntivo de melanotênia-maçã. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 5, p.780-784, 2014.

NEBO, C. et al. Alteration in expression of atrogenes and IGF-1 induced by fasting in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* juveniles. **International Aquatic Research**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 361–372, 2017.

OLIVEIRA, D.J. et al. Indução a reprodução artificial e caracterização espermática da piracanjuba *brycon orbignyanus* (bryconidae, characiformes), espécie em perigo de extinção. **Evolução e Conservação da Biodiversidade**, [s.l.], v. 5, n. 2, p.11-19, 25 2015.

OLIVEIRA, G.R. de. **Restrição alimentar programada na produção de tilápia (*oreochromis niloticus*) em viveiros e em recirculação de água**. 2015. 134 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015

PENA, R.; DUMAS, S. Effect of delayed first feeding on development and feeding ability of *Paralabrax maculatofasciatus* larvae. **Journal of Fish Biology**, [s.l.], v. 67, n. 3, p. 640–651, 2005.

PORTELLA, M. C. et al. Alimentação e nutrição de larvas. In: FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P.. **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2013. p. 186-216.

PORTELLA, M.C.; DABROWSKI, K. Diets, physiology, biochemistry and digestive tract development of freshwater fish larvae. In: CYRINO, J.E.P.; BUREAU, D.; KAPOOR, B.G. **Feeding and digestive functions of fishes**. 2008 p.227-279 2008.

REYNALTE-TATAJE, D. et al. Influência do fotoperíodo no crescimento e sobrevivência de pós- larvas de piracanjuba *Brycon orbignyanus* (Valenciennes, 1849) (Osteichthyes, Characidae), v. 24, n. 2, p. 5, 2002.

RIBEIRO, F. F.; TSUZUKI, M.Y. Compensatory growth in fish: A feeding strategy for aquaculture. In: CYRINO, J.E.P et al. **Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aqüicultura II**,. 2. ed. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática,, 2008. Cap. 6. p. 69-85.

ROMAGOSA, E. Biologia reprodutiva e fisiologia de peixes em confinamento: o cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* como modelo. In: CYRINO, J.E.P.; URBINATI E.C. (Ed) **Tópicos Especiais em Biologia Aquática e Aqüicultura**. Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, Jaboticabal, SP, 2006. p.108-116

ROWLERSON, A. VEGGETTI, A. Cellular Mechanisms of Post-Embryonic Muscle Growth in Aquaculture Species. In: Johnston, I.A., Ed., **Muscle Development and Growth**, Academic Press, San Diego, 103-140, 2001.

SACCOL, A.; NUÑER, A.P.O. Utilização de diferentes densidades, dietas e formatos de tanque na larvicultura da piracanjuba, *Brycon orbignyanus* Valenciennes, 1849 (Characiformes, Characidae). **Acta Scientiarum**, Maringá v.25, n.1, p.55-61, 2003

SAITA, M.V. **Parâmetros produtivos, fisiológicos e imunológicos de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos à restrição alimentar e estresse de manejo**. 2010. 158 p. Dissertação (Mestrado em Aquicultura). Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010

SALARO A. L. et al. Diferentes densidades de estocagem na produção de alevinos de trairão (*Hoplias cf. lacerdae*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa v. 32, n. 5, p. 1033–1036, 2003.

SÄNGER, A. M.; STOIBER, W. Muscle fiber diversity and plasticity. In: **Muscle Development and Growth**, JOHNSTON, I. A. (Ed). Academic Press, 318 p., 2001.

SCHÜTZ, J. H. et al. Crescimento e sobrevivência de larvas de suruvi *steindachneridion scriptum* nos primeiros dias de vida: influência de diferentes alimentos e fotoperíodos. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 34, n. 3, p.443-451, 2008.

SCHÜTZ, J. H.; NUÑER, A. P. DE O. Growth and survival of dorado *Salminus brasiliensis* (Pisces, Characidae) post-larvae cultivated with different types of food and photoperiods. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, [s.l.], v. 50, n. 3, p. 435–444, 2007.

SEVGILI, H. et al. Compensatory growth after various levels of dietary protein restriction in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. **Aquaculture**, [s.l.], v. 344–349, p. 126–134, 2012.

SEVGILL, H. et al. Effect of Various Lengths of Single Phase Starvation on Compensatory Growth in Rainbow Trout under Summer Conditions (*Oncorhynchus mykiss*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, [s.l.], v.13 p. 465-477, 2013.

SIPAÚBA-TAVARES, L. H.; ROCHA, O. **Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos**. São Carlos: RIMA, 2003. 106 p.

SOUZA, V.L.; OLIVEIRA, E.G. & URBINATI, E.C. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). **Journal of Aquaculture in the Tropics**, [s.l.], v.15 n.4 p. 371-9. 2010

SRIJILA, C. K. et al. Ration restriction, compensatory growth and pituitary growth hormone gene expression in *Labeo rohita*. **Aquaculture International**, v. 22, n. 5, p. 1703–1710, 2014.

STRUSSMANN, C. A. & TAKASHIMA, F. **PNR, histology and morphometry of starved pejerrey *Odontesthes bonariensis* larvae**. *Nippon Suissan Gakkaishi*, v. 55, n. 2, p. 237-246. 1989

TAKAHASHI, L. S. et al. Feeding strategy with alternate fasting and refeeding: effects on farmed pacu production: Feeding strategy on pacu production. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, [s.l.], v. 95, n. 2, p. 259–266, 2011.

TESSER, M. B.; SAMPAIO, L. A. Criação de juvenis de peixe-rei (*Odontesthes argentinensis*) em diferentes taxas de arraçoamento. **Ciência Rural**, Santa Maria v. 36, n. 4, p. 1278–1282, 2006.

URBINATI, E. C.; SARMIENTO, S. J.; TAKAHASHI, L. S. Short-term cycles of feed deprivation and refeeding promote full compensatory growth in the Amazon fish matrinxã (*Brycon amazonicus*). **Aquaculture**, [s.l.], v. 433, p. 430–433, 2014.

VAZ M.M., TORQUATO V. C., BARBOSA N.D.C. **Guia ilustrado de peixes da bacia do rio Grande**. Belo Horizonte, CEMIG/CETEC. 144p. 2000.

VIEIRA, V.L.; LOPES, P.R.S. Aspectos da biologia, reprodução e manejo da traíra (*Hoplias malabaricus*). In: BALDISSEROTTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFSM, 2005. p.287-301.

WATANABE, T. Strategies for further development of aquatic feeds. **Fisheries Science**, [s.l.], v. 68, n. 2, p. 242–252, 2002.

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

WEINGARTNER, M; et al. Desenvolvimento de tecnologia de cultivo para peixes nativos do Alto Rio Uruguai. in: ZANIBONI-FILHO, E.; NUÑER, A.P.O. (Ed): **Reservatório de Itá: Estudos Ambientais, Desenvolvimento de Tecnologia de Cultivo e Conservação da Ictiofauna**. Editora UFSC, Florianópolis, SC , 2008. p 257 a 306.

WOYNAROVICH, E.; HORVATH, L. **A propagação artificial de peixes de águas tropicais: manual de extensão**. Brasília: FAO: CODEVASF: CNPq, 220p. 1983.

XIE, S. et al. Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. **Journal of Fish Biology**, [s.l.], v. 58, n. 4, p. 999–1009, 2001.

YIN, M. C.; BLAXTER, J. H. S. Morphological changes during growth and starvation of larval cod (*Gadus morhua* L.) and flounder (*Hatichthys flesus* L.). **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**. [s.l.], v.104, p. 215-228, 1986.

YÚFERA, M. et al. Potential effect of increasing the water content in the digestibility of microdiets for fish larvae. **Aquaculture Nutrition**, [s.l.], v. 22, n. 5, p. 1116–1125, 2016.

ZANIBONI-FILHO, E.; SCHULZ, U. H. 2003. Migratory Fishes of the Uruguay River. Pp. 157-194. In: Carolsfeld, J., B. Harvey, A. Baer & C. Ross (Eds.). Migratory fishes of the South America: biology, social importance and conservation status. Victoria, **World Fisheries Trust**, 372p.

ZHU, X. et al. Compensatory growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed deprivation: Temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. **Aquaculture**, [s.l.], v. 248, n. 1–4, p. 307–314, 2005.