

1
2

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA
MÁRCIA SIMÕES DOS SANTOS



12 CRESCIMENTO COMPENSATÓRIO DE JUVENIS DE MATRINXÃ *BRYCON*
13 *AMAZONICUS* (SPIX & AGASSIZ, 1829)

14

15

16 MÁRCIA SIMÕES DOS SANTOS

17 ENGENHEIRA DE PESCA

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

RIO GRANDE-RS

2011

4
5
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
6



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE – FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA
MÁRCIA SIMÕES DOS SANTOS



Crescimento compensatório de juvenis de matrinxã *Brycon amazonicus* (Spix & Agassiz, 1829)

AUTORA: MÁRCIA SIMÕES DOS SANTOS
ORIENTADOR: LUÍS ANDRÉ SAMPAIO (FURG)

CO-ORIENTADORA: MARLE ANGÉLICA VILLACORTA CORREA (UFAM)

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

RIO GRANDE-RS

2011

SUMÁRIO

	LISTA DE TABELAS	iv
	LISTA DE FIGURAS	v
	DEDICATÓRIA	vi
	AGRADECIMENTOS	vii
	RESUMO	7
	ABSTRACT	8
1	INTRODUÇÃO	9
2	OBJETIVOS	19
2.1	Objetivo geral	19
2.2	Objetivos específicos	19
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Aclimação os peixes	20
3.2	Delineamento amostral	20
3.3	Amostragem	21
3.4	Índices de desempenho	22
3.5	Análises laboratoriais	22
3.6	Análises estatísticas	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1	Variáveis físicas e químicas da água dos tanques	24
4.2	Índices de desempenho	24
4.2.a	Performance no crescimento	24
4.2.b	Índices zootécnicos	27
4.3	Índices morfométricos	30
4.3.a	Índice de gordura visceral (IGV)	31
4.3.b	Índice Hepatosomático (IHS)	33
4.3.c	Fator de condição (K)	34
4.4	Metabolismo intermediário durante o jejum e realimentação	35
4.5	Composição corporal	39
5	Considerações finais	41
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

69LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de temperatura (°C), oxigênio dissolvido (OD) e pH nos tanques de juvenis matrinxã alimentados continuamente e sob jejum de 10 e 20 dias, durante 60 dias de experimento	23
Tabela 2 - Valores de peso total médio (g) e comprimento padrão médio (cm) de juvenis de matrinxã durante 60 dias de experimento	24
.....	
Tabela 3 - Índice de desempenho produtivo de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares após 60 dias de experimento	26
Tabela 4 - Valores médios dos metabolitos intermediários em juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares.....	35
Tabela 5 - Composição corporal de juvenis de matrinxã após 60 dias de experimento.	39
70	
71	
72	

73LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração da espécie estudada matrinxã (<i>Brycon amazonicus</i>).....	11
Figura 2 – Esquema de alimentação utilizado durante o experimento, onde: AL = alimentação; JE = jejum; RE = realimentação. Os pontos em preto indicam as biometrias realizadas	20
Figura 3 – Taxa de crescimento específico (TCE) de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares.....	28
Figura 4 – . Índice de gordura visceral de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares	31
Figura 5 – Índice hepatossômático de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares	32
Figura 6 – Fator de condição de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares	34
74	
75	
76	
77	
78	
79	
80	

13
14
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107

Dedico esta pesquisa a todos aqueles que de alguma forma me deram força e incentivo para concluir mais um objetivo na minha vida: DEUS, família, aos peixes, amigos e professores da UFAM e FURG.



108AGRADECIMENTOS

109

110 Agradeço,

111

112 A minha mãe *Maria Inecy*, por ter sido a mãe-vó do meu filho *Rodrigo José*
113durante toda a Pós-graduação.

114 À Dra. *Marle Angélica* pela oportunidade de participar de projetos de pesquisa,
115incentivo à pesquisa, ensinamentos, conselhos e principalmente pela amizade nos
116últimos oito anos.

117 Ao Dr. *Luis André Sampaio* pela oportunidade de ser sua aluna de mestrado,
118confiança e apoio durante o decorrer da Pós-graduação.

119 À Universidade Federal do Amazonas por ter cedido a Estação de Aquicultura
120para realização o experimento.

121 Ao amigo e Dr. *Cristhian Amado Perez* pela montagem da estrutura
122experimental. Seu apoio e amizade foram muito importantes para mim.

123 Aos técnicos *Jefferson* e *Antônio* da Estação de Aquicultura da UFAM pelo
124apoio e amizade durante todo o experimento. O meu muito obrigada!

125 Aos professores *Ricardo Robaldo* e *Christiane Oliveira* pelos ensinamentos de
126técnicas laboratoriais e principalmente pela amizade formada desde o momento que nos
127conhecemos.

128 À *Clivea Martins* pela amizade nunca abalada durante a pós-graduação e por
129trazer um pouco do Norte para cidade de Rio Grande.

130 Aos técnicos de laboratório da UFAM pela ajuda nas análises: Ricardo, Rose e
131Maysa.

132 Aos amigos engenheiros de pesca que participaram das amostragens.

133 Ao “Pailan” pelo apoio, paciência e companheirismo que foram importantes
134durante todo experimento.

135 A FAPEAM pelo Programa de Apoio à Formação de Recursos Humanos Pós-
136Graduados do Estado do Amazonas, pela modalidade de Bolsas de Pós-Graduação
137*stricto sensu* (mestrado) a mim concedida, obrigada pelo incentivo e apoio aos pós-
138graduados amazonenses.

139

140

141

19
20

142RESUMO

143

144O objetivo deste trabalho foi estudar o crescimento compensatório em juvenis de
145matrinxã *Brycon amazonicus*. Os peixes (16g) foram distribuídos aleatoriamente em
146nove tanques e submetidos a diferentes protocolos de alimentação: controle - peixes
147foram alimentados *ad libitum* por 60 dias, J10 (jejum de 10 dias) - peixes foram
148alimentados *ad libitum* por 10 dias, jejum por 10 dias, e novamente alimentados *ad*
149*libitum* por 40 dias, J20 - peixes foram mantidos em jejum por 20 dias e alimentados *ad*
150*libitum* por 40 dias. Seis peixes de cada tratamento (dois de cada tanque) foram
151amostrados no início do experimento, no final do período de jejum, e no final do
152experimento para análises de crescimento e bioquímicas. Os resultados obtidos neste
153estudo mostraram crescimento compensatório total de juvenis de matrinxã em jejum por
15410 ou 20 dias, conforme evidenciado pelo peso final similar entre os peixes de todos os
155tratamentos. Embora não significativa, houve uma tendência ao ganho de peso, taxa de
156crescimento específico e eficiência alimentar para os peixes de jejum, comparados ao
157controle. O consumo diário de ração foi um pouco maior para os peixes do controle e
158consumo de ração total foi menor para os peixes em jejum. Os estoques de glicogênio e
159glicose, proteína e triglicerídeos plasmáticos não foram afetados durante a restrição
160alimentar, mostrando boa tolerância de juvenis de matrinxã, por pelo menos, 20 dias de
161jejum. O crescimento compensatório é totalmente alcançado, e há uma redução de 37%
162no consumo de ração para peixes em jejum por 20 dias em relação ao controle, uma
163questão importante para a piscicultura intensiva.

164

165

166**Palavras-chave:** *Brycon amazonicus*, crescimento compensatório, alimentação, peixe
167Amazônico

168

169

170**ABSTRACT**

171

172The objective of this work was to study compensatory growth in juvenile matrinxã
173*Brycon amazonicus*. Fish (16g) were randomly distributed in nine tanks and submitted
174to different feeding protocols: control – fish were fed *ad libitum* for 60 days, F10 (fasted
175for 10 days) – fish were fed *ad libitum* for 10 days, fasted for 10 days, and fed *ad*
176*libitum* again for 40 days, F20 – fish were fasted for 20 days and fed *ad libitum* for the
177next 40 days. Six fish from each treatment (two from each replicate tank) were sampled
178at the beginning of the trial, at the end of the fasting period, and at the end of the
179experiment for growth and biochemical analysis. The results obtained in this study
180showed full compensatory growth for juvenile matrinxã fasted for 10 or 20 days, as
181evidenced by the similar final weight among fish of all treatments. Though not
182significant, there was a trend for increased weight gain, specific growth rate and feed
183efficiency for fish fasted, compared to control. Daily feeding ration was slightly higher
184for the control fish and total feed consumption was lower for fasted fish. Glycogen
185stores and plasmatic glucose, protein and triglycerides were not affected during feeding
186restriction, showing good tolerance of juvenile matrinxã for at least 20 days of fasting.
187Compensatory growth is fully achieved and there is an overall reduction of 37% on feed
188consumption for fish fasted for 20 days compared to the control, an important issue for
189intensive fish culture.

190

191

192**Key-words:** *Brycon amazonicus*, compensatory growth, feeding, Amazon fish

193

194

195

196

197

198

199

200

201

202

203

204 **1. INTRODUÇÃO**

205

206 **1.1 Situação atual da Aqüicultura**

207

208 A redução dos estoques pesqueiros naturais é um problema relacionado à
209segurança alimentar e ao bem estar social mundial (Jiang 2010). Sabe-se que a demanda
210por alimentos protéicos tem um crescimento diretamente proporcional ao crescimento
211da população mundial (Marengoni *et al* 2009). Neste contexto, o pescado destaca-se
212como uma alternativa de alimento altamente protéico (Ogawa & Maia 1999).

213 A produção mundial de pescados em 2007, incluindo pesca e aqüicultura, foi de
214152,3 milhões de toneladas. Desse total, estima-se que cerca de 85,0% (129,5 milhões
215de toneladas) se destinaram ao consumo humano, enquanto 15,0% (22,8 milhões de
216toneladas) foram utilizadas para a fabricação de farinhas, óleos e outros subprodutos.
217(FAO 2009).

218 O estado do Amazonas é um dos maiores produtores de pescado da região Norte. O
219estado do Amazonas com uma produção de 60.306,0 t apresentou um crescimento na
220produção de pescado de 5,2%, em 2007. As espécies de peixes que mais contribuíram para
221este crescimento foram: a matrinxã com 14,4%, o mapará com 13,9%, a piramutaba com
22211,1% e o jaraqui com 10% (IBAMA 2007).

223 A aqüicultura continental com uma produção de 210.644,5 t representa 19,6% da
224produção de pescado total do Brasil. Em 2007, apresentou um crescimento de 10,2% em
225relação ao ano de 2006. Já a região Norte apresentou uma produção de 26.143,0 t,
226representando 12,4% da produção da aqüicultura continental (IBAMA 2007).

227 No Brasil, as regiões Sul, Sudeste e Nordeste são as que detêm maior produção e
228conhecimento técnico-científico sobre a aqüicultura no país (Roubach *et al* 2003).
229Entretanto, a região amazônica tem sido vista como uma das regiões mais promissoras
230para o avanço da piscicultura do Brasil, cuja produção no ano de 2004 apresentou o
231maior crescimento (24,5%), comparada as demais regiões do país (FAO 2004).

232 De acordo com o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
233(1999) alguns fatores favorecem o desenvolvimento da piscicultura na região
234amazônica, principalmente, clima adequado que favorece o crescimento dos animais,
235recursos hídricos e a existência de espécies nobres com excelente desempenho quando
236cultivada. Entretanto, existem alguns obstáculos ao estabelecimento da piscicultura na
237Amazônia, como: carência de informações sobre a biologia e cadeias produtivas,

238relativa abundancia dos estoques pesqueiros naturais, isolamento regional, baixo nível
239tecnológico da maioria das pisciculturas instaladas, resistência à adoção de novas
240técnicas e deficiência de assistência técnica que dê suporte aos produtores (Ono 2005).

241 Devido à abundância de peixes, a piscicultura na região Norte foi por muito
242tempo vista como desnecessária (Roubach *et al* 2003). Entretanto, esforços têm sido
243feitos por diferentes setores da sociedade, que vêem na aqüicultura reais possibilidades
244desta atividade se tornar agente do desenvolvimento sustentável da região (Ono 2005).
245Exemplo disto são os vários projetos de pesquisa que têm como objetivo gerar
246tecnologia para o cultivo das espécies de maior interesse da piscicultura na região, tais
247como tambaqui (*Colossoma macropomum*), matrinxã e mais recentemente o pirarucu
248(*Arapaima gigas*) (FAO 2004).

249 A matrinxã é a segunda espécie mais criada na região Amazônica por apresentar
250rápido crescimento em cativeiro e alcançar bons preços no mercado (Fim 2002). Alguns
251estudos sobre a biologia (Zaniboni-Filho 1985) e produção em cativeiro (Bernardino *et*
252*al* 1993; Carvalho *et al* 1997; Gomes *et al* 2000; Brandão *et al* 2005) desta espécie têm
253sido realizados. Segundo Izel & Melo (2004) são ainda recentes aqueles estudos que
254agregam estes conhecimentos para estabelecer diretrizes de pesquisas e ações conjuntas
255para o desenvolvimento do real potencial do gênero *Brycon* na piscicultura. █

256 Com o intuito de desenvolver procedimentos tecnológicos para o aumento da
257eficiência da produção de peixes em cativeiro, projetos de pesquisas integradas com
258espécie nativas da bacia amazônica estão sendo delineados dentro dos princípios de
259planejamento do Plano da Amazônia Sustentável. Na priorização dessas espécies foram
260levados em conta alguns aspectos tais como, importância econômica, estratégica e
261social, êxito na pesquisa, e adoção da tecnologia a partir do “método do scores’
262(Continental 1998). Os resultados mostram que a matrinxã têm sido indicada como a
263segunda espécie em que se devem priorizar pesquisas no estado do Amazonas, sendo
264que o fator de extrema relevância para a eficácia dessas pesquisas é fundamentar-se no
265princípio de que seus estudos permeiam todo o processo de desenvolvimento da cadeia
266produtiva da aqüicultura.

267

268 1.2 A espécie *Brycon amazonicus*

269 A matrinxã, conhecida atualmente como *B. Amazonicus*, é uma espécie cuja
270taxonomia é muito confusa e foi mudando ao longo dos anos. A matrinxã da Amazônia
271brasileira era denominada indistintamente como *Brycon melanopterum* e *Brycon sp.*

272 Considerando a problemática da identificação correta desta espécie Zaniboni *et al*
273 (1988) caracterizaram morfologicamente a matrinxã, atribuindo a ela o nome de
274 *Brycon cephalus*, ficando nesta caracterização o *B. erythropterum* como sinônimo. O
275 nome *B. melanopterum* deixou de ser atribuído para a matrinxã pois estava sendo
276 utilizado erroneamente já que corresponde à jatuarana do Amazonas.

277 A matrinxã da Amazônia brasileira amplamente criada no Brasil, tem sido
278 denominada na maioria dos trabalhos de piscicultura como *Brycon cephalus*. Lima
279 (2003), em uma revisão do gênero *Brycon* caracteriza a matrinxã da Amazonia
280 brasileira como *B. Amazonicus*, com base em características filogenéticas, sendo
281 atualmente adotada esta classificação na maioria dos trabalhos. Este autor restringe o
282 nome *B. cephalus* para a espécie com distribuição no Alto Rio Amazonas no Peru, e na
283 Bolívia.

284 Possui hábito alimentar onívoro, alimentando-se de frutos, sementes, insetos e
285 outros invertebrados (Pizango-Paima *et al.* 2001). É uma espécie que possui alto valor
286 comercial e grande potencial para criação intensiva (Gomes *et al* 1998).

287 Na natureza, quando adulto, pode alcançar de 3 a 4 kg e até 40 cm, atingindo
288 maturação sexual com três anos de idade (Zaniboni-Filho 1985). É uma espécie
289 reofilica, realizando movimentos migratórios caracterizando seis fases (baixada para
290 desova, rio acima pós-desova, baixada do peixe gordo, arribação, pré-desova e para
291 áreas de criação (Zaniboni-Filho 1985). Essas fases caracterizam migrações reprodutiva,
292 trófica e de dispersão e também foram descritas para os jaraquis (*Semaprochilodus*
293 *taeniurus* e *S. insignis*) (Ribeiro 1983).

294 Os juvenis de matrinxã são criados nas áreas de várzea, no período que vai da
295 enchente até a seca (Leite & Araújo-Lima 2002). Após saírem dos lagos e igarapés para
296 primeira migração, época em que o rio está enchendo, os peixes formam grandes
297 cardumes e migram para o rio principal até o sítio de desova. Após a desova, a matrinxã
298 se dirige para florestas inundadas para se alimentar, onde permanecem de 4-6 meses
299 (Goulding 1979).

300 Os primeiros estudos sobre o cultivo de matrinxã foram realizados no final da
301 década de 70, quando já foi sugerido que a espécie era promissora para piscicultura
302 (Werder & Saint-Paul 1978; 1979). Normalmente, peixes de clima tropical como a
303 matrinxã, apresentam ótimo crescimento em temperaturas de 28 a 32°C, entretanto
304 temperaturas de 14 a 30°C já foram relatadas no cultivo dessa espécie (Bernadino *et al*
305 1993; Romagosa *et al* 1998). A idade de primeira maturação em cativeiro pode variar,

306 dependendo do estado nutricional dos reprodutores, de 2-3 anos, tanto em machos como
307 em fêmeas (Gomes & Urbinati 2004).

308



309

310 Figura 1. Ilustração da espécie estudada matrinxã (*Brycon amazonicus*)

311

312 **1.3 Restrição alimentar em peixes**

313 No ambiente natural, os peixes exploram fontes de alimento cuja variabilidade
314 espacial, temporal ou sazonal pode implicar em longos períodos de jejum. Segundo
315 Lowe-McConnell (1999) as mudanças no nível da água afetam a bioecologia dos peixes
316 tanto pelo surgimento de habitats nas planícies de inundação quanto pela variação na
317 disponibilidade qualitativa e quantitativa de alimento. Essa alta variação na
318 disponibilidade e redução no consumo de alimento permite que os peixes sofram
319 diferentes níveis de jejum durante sua ontogenia, levando muitas vezes a uma variação
320 na taxa de crescimento (Tian & Qin 2003).

321 Desta forma, a redução da ingestão de alimento é considerada um evento natural
322 no ciclo biológico dos peixes, além das flutuações no suprimento alimentar, pode ser
323 devido a diminuições nas concentrações de oxigênio da água ou durante os processos
324 migratórios para reprodução (Sumpter *et al* 1991; Navarro & Gutiérrez 1995;
325 Mackenzie *et al* 1998). Camargo *et al* (2008) afirmam que em sistemas de cultivo o
326 fornecimento diário de alimento poderia ser desnecessário, já que os peixes passam por
327 períodos de jejum durante o ciclo de vida, reduzindo assim custos na produção e
328 consequentemente garantindo maior rentabilidade para o produtor.

329 Alguns protocolos de alimentação, tais como, diferentes ciclos de restrição
330 alimentar e realimentação têm sido utilizados no manejo alimentar durante a criação de
331 diferentes espécies de peixes na fase juvenil: *Carassius auratus gibelio* (Xie *et al* 2001),
332 *Oncorhynchus mykiss* (Nikki *et al* 2004), *Pagrus major* (Oh *et al* 2007), *Piaractus*
333 *mesopotamicus* (Ortiz *et al* 2008), *Oreochromis niloticus* (Palma *et al* 2010). Como

334 forma de adaptação à situação, quando o alimento está novamente disponível, muitos
335 organismos exibem respostas compensatórias que se traduzem em um crescimento mais
336 acelerado, comparado ao dos indivíduos alimentados continuamente (Gurney *et al*
337 2003).

338 Ciclos curtos de restrição e realimentação também foram realizados em adultos
339 de matrinxã para avaliar o efeito da restrição sobre o crescimento e desempenho
340 reprodutivo (Carvalho & Urbinati 2005; Camargo *et al* 2008). Os resultados sugeriram
341 que a alimentação oferecida diariamente pode resultar em prejuízo econômico, já que
342 reduções de 40% ao mês do alimento não afetam os processos fisiológicos importantes
343 no animal.

344 Um acelerado crescimento em resposta a uma prévia restrição alimentar fornece
345 evidências que a taxa de crescimento é regulada (Ali *et al* 2003). Esta regulação é
346 dependente de diversos fatores tais como natureza, severidade e duração da restrição, o
347 estágio de desenvolvimento no início da restrição alimentar, maturidade sexual e o
348 padrão de realimentação (Ryan 1990).

349 O termo “crescimento compensatório” é usado geralmente para descrever um
350 incremento na taxa de crescimento em comprimento ou massa corpórea, após um
351 período de restrição de alimento (Zhu *et al* 2005; Oh *et al* 2007; Bavčević *et al* 2010).
352 Ali *et al* (2003) classificam o crescimento compensatório em três tipos: a) compensação
353 parcial, peixes submetidos à restrição alimentar e realimentados não alcançam o porte
354 dos animais sem restrição, mas apresentam alta ingestão de alimento, crescimento e
355 melhor conversão alimentar (Paul *et al* 1995; Palma *et al* 2010); b) compensação total
356 ou completa, peixes restritos ao alimento e realimentados atingem o mesmo porte dos
357 alimentados continuamente (Qian *et al* 2000; Tian & Qin 2003; Zhu *et al* 2005; Cho *et*
358 *al* 2006); c) sobre compensação, ocorre quando peixes restritos ao alimento atingem um
359 tamanho maior que aqueles alimentados, exibindo uma alta taxa de crescimento quando
360 o alimento é disponibilizado novamente (Haywar *et al* 1997).

361 Como mencionado anteriormente, a magnitude de compensação é proporcional a
362 intensidade e duração da restrição alimentar imposta anteriormente à realimentação
363 (Bull & Metcalfe 1997). Geralmente a compensação do crescimento é otimizada quando
364 a duração da restrição é curta e não muito severa (Tian & Qin 2003; Oh *et al* 2007).

365 Zhu *et al* (2004) observaram em juvenis de carpa *Carassius auratus* e do bagre
366 *Leiocassis longirostris*, que uma semana de jejum seguida de duas semanas de
367 realimentação até a saciedade aparente permitiu apenas uma compensação parcial. Em

368alguns casos, o período de realimentação pode ser insuficiente impedindo que os peixes
369alcancem o peso daqueles continuamente alimentados, levando apenas a observação de
370uma compensação parcial (Heide *et al* 2006).

371 De maneira geral, o ganho compensatório em peixes é acompanhado por um
372aumento na ingestão de alimento, conhecido como hiperfagia, e algumas vezes por
373aumento da eficiência alimentar (Ali *et al* 2003). Em outros casos, por mais que a
374hiperfagia leve a altas taxas de crescimento os peixes não conseguem alcançar uma
375completa compensação no crescimento. Em juvenis de truta arco-íris *Oncorhynchus*
376*mykiss* submetidos a oito e 14 dias de jejum, embora tenham apresentado elevadas taxas
377de crescimento, não conseguiram alcançar o peso final dos peixes continuamente
378alimentados. Nestes animais, as altas taxas de crescimento durante a realimentação
379foram provavelmente obtidas pela alta taxa de ingestão de alimento, sem nenhuma
380melhora na eficiência alimentar (Nikki *et al* 2004).

381 A elevada taxa de crescimento observada durante o crescimento compensatório
382também pode ser resultado de diversos processos. Gurney *et al* (2003) afirmam que
383somente a hiperfagia não seria capaz de proporcionar um crescimento suficientemente
384alto, sendo necessária sua combinação com um mecanismo de alocação que favorecesse
385o elevado fluxo de nutrientes assimilados durante a realimentação para o crescimento
386estrutural.

387

388 **1.4 Metabolismo energético durante o jejum**

389 A avaliação do metabolismo intermediário pode ser uma importante ferramenta
390para se conhecer as relações metabólicas entre os tecidos e sua correspondência com
391nutrientes da dieta (Moraes & Bidinotto 2004).

392 Os produtos da digestão que circulam no organismo são utilizados por uma
393variedade de tecidos e órgãos, nos quais estão sujeitos a diferentes reações químicas.
394Essas reações constituem o metabolismo intermediário, podem ter como destino a total
395degradação de moléculas para liberação de energia para realização de trabalho ou para
396produção de constituintes teciduais. Sendo assim, o perfil metabólico pode servir como
397índice do estado fisiológico e nutricional dos peixes (Moraes & Bidinotto 2004).

398 Sob condições normais de cultivo, com fornecimento diário de alimento, os
399peixes têm pouca necessidade de mobilizar energia endógena para sua manutenção
400(Cook *et al* 2000). Entretanto, quando os peixes recebem alimento abaixo das suas

401necessidades ou ficam longos períodos sem receber alimento, a manutenção dos
402processos vitais se dá a custa da mobilização das reservas energéticas (Jobling 1994).

403 O tecido adiposo, fígado e o músculo são as principais fontes de armazenamento
404de energia, liberando grande quantidade de substrato para a manutenção dos processos
405vitais (Hornick *et al* 2000). Assim, a depleção de energia que ocorre durante o jejum
406indica que os vários constituintes do corpo podem ser mobilizados em diferentes taxas e
407que, estes substratos, podem ser utilizados de formas diferentes nos diversos tecidos do
408corpo (Weatherley & Gill 1987).

409 O fígado é um órgão que está especialmente situado para processar e distribuir
410nutrientes, pois a drenagem venosa do intestino e pâncreas passa através da veia porta
411hepática antes de entrar na circulação geral. Assim, durante o período absorptivo o fígado
412capta os carboidratos, lipídios e aminoácidos para serem metabolizados, armazenados
413ou desviados para outros tecidos (Champe & Harvey 1996).

414 A manutenção da glicemia é função básica do metabolismo de carboidratos e é
415controlada pelo fígado (Newgard *et al* 1983). Durante o jejum, a glicose pode ser obtida
416a partir da glicogenólise, quebra do glicogênio, ou ainda a partir da gliconeogênese
417(Black & Love 1986). A gliconeogênese é a rota responsável pela síntese de glicose *de*
418*novo* e síntese de glicogênio a partir de precursores não glicídios como lactato,
419aminoácidos e glicerol (Moon 1988). Entretanto, nos animais que estão se alimentando
420normalmente a gliconeogênese é poupada, sendo ativada apenas durante o jejum,
421especialmente quando há diminuição nos estoques de glicogênio no fígado (Suarez &
422Mommsen 1987).

423 O glicogênio é a principal forma de armazenamento de carboidrato no fígado e
424sua deposição pode ocorrer também no músculo (Gillis & Ballantyne 1996). Em muitas
425espécies de peixe, o glicogênio é mobilizado no início da privação de alimento, mas o
426grau de depleção varia muito entre as espécies, desde uma rápida glicogenólise até uma
427parcial ou quase completa proteção das reservas de glicogênio durante o jejum
428(Sheridan & Mommsen 1991).

429 A carpa (*Cyprinus carpio*) pode permanecer em jejum por mais de 100 dias sem
430esgotar o glicogênio hepático (Nagai & Ikeda, 1971). Já na truta arco-íris, foi observado
431uma redução de 80% no glicogênio hepático após 20 dias de jejum. Entretanto, esta
432mesma espécie quando submetido a jejum prolongado, o glicogênio aumentou até certo
433ponto e permaneceu constante durante o período de jejum (60 dias) (Morata *et al*
4341982a).

435 O glicogênio muscular está mais prontamente disponível e especialmente no
436músculo branco, o glicogênio é rapidamente quebrado a lactato quando este músculo é
437requerido para trabalho de alta intensidade como, por exemplo, na captura de presa ou
438fuga de predadores (Stevens & Black 1966), podendo também ser usado somente em
439condições extremas de privação de alimento (Navarro *et al* 1992; Navarro & Gutiérrez
4401995). Experimentos com juvenis de *Dicentrarchus labrax*, mostraram que esses peixes,
441quando submetidos a jejum por 22 dias, apresentaram pouca diminuição de glicogênio
442muscular (Gutiérrez *et al* 1991).

443 A gordura é considerada a principal forma de armazenamento de energia
444corporal (Meurer *et al* 2002), sendo os triglicerídeos, compostos formados pela
445esterificação de uma molécula de glicerol com três ácidos graxos, são os principais tipos
446de lipídios que compõe as gorduras de reserva. Nos peixes, os principais locais de
447estoque dos lipídios são o tecido adiposo, o fígado e o músculo (Van Den Thillart &
448Van Raaij 1995).

449 Como o transporte dos lipídios dos depósitos de gordura para os sítios de
450utilização é realizado pelos ácidos graxos livres plasmáticos, mobilizados em
451conseqüência da quebra de triglicerídeos, estes parecem ser a fração metabolicamente
452mais ativa de lipídios no plasma. A mobilização de ácidos graxos durante o jejum é
453muito importante para o controle do nível glicêmico. O aumento dos ácidos graxos
454livres plasmáticos inibe a utilização de glicose pelo tecido periférico e a liberação de
455glicose pelo fígado. Por outro lado, o aumento da captação de ácidos graxos livres
456plasmáticos pelo fígado favorece mais o metabolismo de gordura do que o de
457carboidratos (Plisetskaya 1980).

458 À medida que as reservas lipídicas e de glicogênio hepático são praticamente
459exauridas, as proteínas são mobilizadas do músculo (Metón *et al* 2003). Pois a tendência
460geral é conservar a proteína corporal, as custas dos estoques de lipídio e glicogênio
461(Weatherley & Gill 1987). Desta forma, as reservas de proteína são poupadas no início
462do jejum, e a proteólise ocorre somente quando as demais reservas disponíveis são
463amplamente consumidas (Navarro & Gutiérrez 1995).

464 A dinâmica da utilização de energia endógena pode ser parcialmente monitorada
465através de índices morfológicos tais como fator de condição (K), índice hepatosomático
466(IHS) e índice de gordura visceral (IGV) (Collins & Anderson 1995).

467 O fator de condição é um dos mais importantes parâmetros utilizados para inferir
468sobre o estado fisiológico dos peixes (Salam & Davies 1994). Este índice permite

469 avaliar o grau de atividade alimentar de uma espécie, verificando se ela está ou não
470 fazendo bom uso da fonte nutricional (Mihelakakis *et al* 2002). Vários estudos de
471 privação alimentar têm utilizado o fator de condição para diferenciar os peixes
472 alimentados dos que foram submetidos à restrição (Gaylord & Gatlin III, 2000; Ituassú
473 *et al* 2004; Palma *et al* 2010).

474 Em juvenis de tilápia, as estratégias de alimentação utilizadas de cinco dias de
475 alimentação seguidos de dois dias de restrição e quatro dias de alimentação seguidos de
476 três dias de restrição de alimento não resultaram em alterações significativas no fator de
477 condição (Palma *et al* 2010). Entretanto, em juvenis de *Ictalurus punctatus*, o fator de
478 condição reduziu com o aumento de período de restrição alimentar (Gaylord & Gatlin
479 III 2000).

480 O IHS está intimamente relacionado com a mobilização dos estoques de
481 glicogênio hepático em *Sparus aurata*, pois um jejum de 18 dias reduziu drasticamente
482 as concentrações de glicogênio hepático e o IHS (Méton *et al* 2003). O fígado é também
483 um órgão não só capaz de armazenar grandes quantidades de glicogênio, mas também,
484 de lipídios como reserva energética (Germam & Kozlovskaya 2001).

485 Após o período de privação alimentar, os peixes desenvolvem mecanismos
486 capazes de reverter processos de mobilização das reservas para suprir o catabolismo. Na
487 fase de realimentação, primeiramente, eles utilizam o alimento para superar as
488 necessidades energéticas para manutenção dos processos vitais e para repor o
489 catabolismo do tecido. Somente a partir dessa condição satisfeita, o destino da dieta será
490 para o crescimento (Hepher 1988).

491 Vários estudos têm revelado que a restrição alimentar envolve complexas
492 alterações fisiológicas e metabólicas para promover o ajuste biológico do animal, e suas
493 consequências finais são altamente dependentes de diversos fatores. As alterações das
494 concentrações dos metabólitos plasmáticos intermediários, musculares e hepáticos
495 tornam evidentes que a matrinxã é um peixe capaz de adaptar seu metabolismo
496 intermediário frente à alteração da condição alimentar para manter suas funções vitais
497 (Camilo 2007).

498 A matrinxã é uma espécie que exibe um comportamento alimentar voraz e que
499 durante certo período do ciclo hidrológico acumula gordura para suportar fases de
500 redução no consumo de alimento. Com base no comportamento desta espécie, existe a
501 necessidade de estudos sobre a resposta fisiológica e metabólicas dos peixes frente à
502 diferentes estratégias de restrição alimentar durante a fase juvenil que permitam

52
53

503conhecer o desempenho produtivo com menor investimento em alimentação durante a
504fase de engorda. Estas informações poderão ser utilizadas para produzir um protocolo
505de manejo adequado durante a fase juvenil e diminuir os custos de produção sem
506prejuízo na qualidade dos peixes, contribuindo com o fortalecimento da cadeia
507produtiva e o desenvolvimento da piscicultura na região amazônica.

508

509

510

511

512

513

514

515

516

517

518

519

520

521

522

523

524

525

526

527

528

529

530

531

532

533

534

535

536

54

55

56

537 **2. OBJETIVOS**

538

539 **2.1 Objetivo geral**

540 O objetivo desta pesquisa foi verificar a ocorrência de resposta compensatória no
541 crescimento de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes níveis de jejum.

542

543 **2.2 Objetivos específicos**

544 Avaliar o desempenho produtivo dos juvenis de matrinxã após períodos de
545 jejum;

546 Avaliar o efeito do jejum e realimentação sobre os índices de condição corporal
547 dos juvenis de matrinxã;

548 Analisar o efeito do jejum sobre os parâmetros metabólicos dos juvenis de
549 matrinxã;

550

551

552

553

554

555

556

557

558

559

560

561

562

563

564

565

566

567

568

569

570

571 3. MATERIAL E MÉTODOS

572

573 O experimento foi realizado na Estação de Aqüicultura da Fazenda Experimental
574da Universidade Federal do Amazonas (UFAM) (Manaus, Amazonas). Foram
575adquiridos de uma piscicultura comercial 300 juvenis de matrinxã com comprimento
576padrão $8,19 \pm 0,85$ cm e peso total médio de $13,38 \pm 4,24$ g. Os peixes foram transportados
577em sacos plásticos de 60L, contendo 20L de água, sal (10g/l) e oxigênio. Um carro
578climatizado foi utilizado para o transporte até a Fazenda Experimental da UFAM.

579 Os peixes foram estocados em tanques circulares, com capacidade de 250L,
580providos de tela escura na parte superior, para impedir possíveis fugas dos juvenis. Cada
581tanque foi abastecido por água de poço artesiano e possuía sistema de aeração constante.

582

583 3.1 Aclimação dos peixes

584 Antes do início do experimento, os peixes foram aclimatados às condições
585experimentais e após a agressividade e mortes cessarem os peixes passaram a se
586alimentar por 10 dias até o início do experimento. Os peixes foram alimentados três
587vezes ao dia até a saciedade aparente antes de iniciar o experimento. Durante a
588aclimação e o período experimental foi utilizado ração comercial contendo 40% de
589proteína, 11% de lipídios, 26% de carboidrato e 3.725 Kcal /Kg de energia bruta.

590

591 3.2 Delineamento amostral

592 Após o período de aclimação, 153 peixes foram divididos aleatoriamente em
593nove tanques ($n=17$ peixes/tanque) sob um delineamento inteiramente casualizado
594constando de três tratamentos cada um com três repetições: Controle (C) – peixes
595alimentados *ad libitum* durante todo período experimental; J10 – peixes alimentados *ad*
596*libitum* por 10 dias, seguidos de 10 dias de jejum e posterior realimentação *ad libitum*
597por 40 dias; J20 – peixes sob jejum de 20 dias e posterior realimentação por 40 dias.

598 Este delineamento amostral foi desenhado de modo que o jejum dos peixes
599mantidos em J10 e J20 terminassem juntos, para iniciar a realimentação
600simultaneamente. O experimento teve duração de 60 dias. Três biometrias (veja item
6013.3) foram realizadas, uma no início do experimento, outra no final do período de jejum
602e a biometria final 40 dias após a realimentação (Figura 2).

603

604

61
62

605

606

607

608

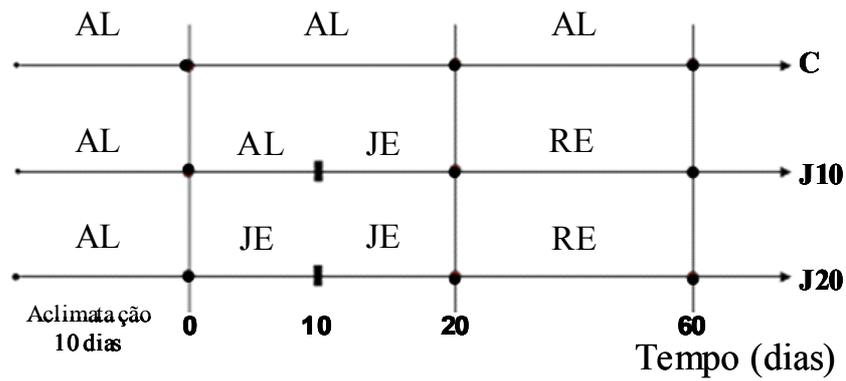
609

610

611

612

613



614 Figura 2. Esquema de alimentação utilizado durante o experimento, onde: AL = alimentação; JE = jejum;
615 RE = realimentação. Os pontos em preto indicam as biometrias realizadas.

616

617 Os peixes foram alimentados *ad libitum* três vezes ao dia (10h, 14h e 20h) e a
618 quantidade de alimento ofertada e as sobras em cada tanque foi quantificada. A partir do
619 momento em que a voracidade alimentar dos peixes diminuía, a alimentação foi
620 cessada e, após 15 minutos as sobras foram quantificadas. Logo após cada alimentação
621 os resíduos presentes no tanque foram sifonados com renovação de 100% da água.

622 A concentração de oxigênio dissolvido (mg/l) e a temperatura (°C) foram
623 medidos com oxímetro (YSI modelo 55 Hexis) e o pH com pHmetro digital (YSI
624 F1100). As medidas foram feitas duas vezes ao dia (7h e 17h), quatro vezes por semana.

625

626 3.3. Amostragem

627 Antes das biometrias os peixes ficaram em jejum por 20h para evacuação do
628 alimento no trato digestivo. Eles foram retirados dos tanques com auxílio de um puçá e
629 anestesiados em eugenol (15 mg/L) para medida do comprimento em ictiômetro com
630 precisão de 1mm e do peso em balança digital com precisão de 0,001g.

631 Foram amostrados dois peixes de cada tanque (n=6 por tratamento) para retirada
632 de amostras de sangue, fígado, músculo e gordura visceral. O sangue foi coletado
633 através de punção caudal com seringas heparinizadas. O plasma foi separado por
634 centrifugação 2.600rpm durante 15 minutos e armazenado individualmente em
635 nitrogênio líquido.

636 O fígado e a gordura visceral foram pesados para cálculo do índice
637 hepatossomático e do índice de gordura visceral (IGV) através das fórmulas:

638 - IHS (%) = (peso do tecido hepático/ peso corporal) x 100]

639 - IGV (%) = (peso da gordura visceral / peso corporal) x 100]

64
65

640

641 Amostras de fígado e músculo foram congeladas em nitrogênio líquido e
642 armazenadas a -20°C. Para análise da composição corporal, três peixes inteiros por
643 tratamento foram retirados no início e fim do experimento e congelados para posterior
644 análise. As análises foram realizadas de acordo com as normas da Association of the
645 Official Analytical Chemists (1990).

646

647 **3.4. Índices de desempenho**

648 O desempenho zootécnico dos peixes foi analisado por meio do ganho de peso
649 (GP), da taxa de crescimento específico (TCE), do consumo alimentar (CA), da
650 eficiência alimentar (EA) e do fator de condição (K). Para o cálculo dos parâmetros de
651 desempenho produtivo foram utilizadas as seguintes fórmulas:

652 - Ganho de peso (g) = peso final – peso inicial

653 - Taxa de crescimento específico (%/dia) = $[(\ln P_{\text{final}} - \ln P_{\text{inicial}}) / t] \times 100$. Onde:
654 \ln = logaritmo neperiano; P = peso e t = tempo de cultivo em dias

655 - Consumo alimentar = $100 \times [\text{peso médio diário de ração seca ofertada (g)/massa}$
656 $\text{média do peixe (g)}]$, onde a massa média = (peso médio no t2 + peso médio no t1)/2.

657 - Eficiência alimentar (%) = (ganho de biomassa/alimento consumido) x 100.

658 - Fator de condição = $\text{peso}/(a \times \text{comprimento padrão}^b)$, onde a e b são
659 coeficientes angulares da regressão entre o peso/comprimento.

660

661 **3.5. Análises laboratoriais**

662 *3.5.a Análises bioquímicas do plasma*

663 Para a dosagem das concentrações dos níveis plasmáticos de glicose, colesterol,
664 proteína total e triglicérides, foram utilizados kits analíticos enzimáticos/colorimétricos
665 produzidos pela Doles Reagentes Ltda (Belo Horizonte, MG) segundo a metodologia do
666 fabricante.

667 *3.5.b Análise de glicogênio no fígado e músculo:*

668 Para determinação do glicogênio hepático e muscular amostras de fígado e
669 músculo, aproximadamente 50 mg e 100 mg, respectivamente, foram homogeneizadas
670 em um macerador de teflon com 2 mL de uma solução de citrato de sódio 100 mM
671 ajustada a pH 5,0.

672 Logo após a homogeneização, a amostra foi incubada a 100°C durante 10 min
673 em banho-maria, sendo em seguida centrifugada durante 15 minutos a 8000 g. Duas

67
68

674 amostras de 500 µL foram retiradas do sobrenadante, uma delas foi tratada com 100 µL
675 da enzima α-amiloglucosidase e a outra com o mesmo volume de água destilada. Ao
676 mesmo tempo, um padrão de glicogênio (500 µl de uma solução 1 mg/mL) também foi
677 tratado com a enzima α-amiloglucosidase e outro padrão de glicogênio recebeu o
678 mesmo volume de água destilada. As amostras e os padrões foram então incubados
679 durante 2,5 h a 55°C. Ao final da incubação foi feita nova centrifugação a 8000g
680 durante 30 min.

681 As concentrações teciduais de glicogênio (µg/mg) foram calculadas através das
682 seguinte fórmula:

$$\text{Glicogênio} = \frac{(\text{ABS AT} - \text{ABS A})}{\text{ABS P}} \times 111 \times \frac{(\text{ABS PGT} - \text{ABSPG})}{\text{ABS P}} \times P$$

683

684 Onde:

685 ABS A= absorbância da amostra não tratada com a enzima α-amiloglucosidase

686 ABS P= absorbância do padrão de glicose

687 P= peso da amostra

688 l= volume de citrato de sódio utilizado para homogeneização da amostra

689 111= peso molecular do glicogênio

690 ABS AT= absorbância da amostra tratada com a enzima α-amiloglucosidase

691 ABS PGT= absorbância do padrão de glicogênio tratado com a enzima α-amiloglucosidase

692 ABS PG= absorbância do padrão de glicogênio não tratado com a enzima α-
693 amiloglucosidase

694

695 3.6. Análises estatísticas

696 Para avaliação estatística dos dados foi utilizado o “software” SigmaStat 3.5 e
697 para obtenção dos gráficos o “software” SigmaPlot 9.0. Todos os parâmetros analisados
698 entre os tratamentos foram submetidos à ANOVA (Uma-Via) seguido do teste de
699 Tukey. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 95% (α = 0,05)
700 (Zar 1999).

701

702

703

70
71

704 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

705

706 4.1 Variáveis físicas e químicas da água dos tanques

707

708 Com base nos resultados apresentados na Tabela 1 pode-se constatar que durante
709 todo o período de estudo, as médias gerais da temperatura da água não apresentaram
710 variações ou mesmo reduções que afetassem o consumo de ração e bem estar dos peixes
711 às condições experimentais, estando dentro da faixa de tolerância de juvenis como
712 observado por Guimarães & Storti filho (1997).

713 As demais variáveis, concentração de oxigênio e pH da água, também não
714 apresentaram diferenças estatísticas ($P > 0,05$) entre os tratamentos e se mantiveram
715 dentro das amplitudes consideradas satisfatórias para o cultivo dessa espécie, segundo
716 observações feitas por Gomes et al (1998), Soares *et al* (2001) e Camargo *et al* (2003).

717

718 Tabela 1. Valores médios de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), oxigênio dissolvido (OD) e pH nos
719 tanques de juvenis matrinxã alimentados continuamente e sob jejum de 10 e 20 dias,
720 durante 60 dias de experimento.

<i>Tratamento</i>	<i>T °C</i>		<i>OD mg/L</i>		<i>pH</i>	
	Manhã (7-8 hs)	Tarde (16-17h)	Manhã (7-8 hs)	Tarde (16-17h)	Manhã (7-8 hs)	Tarde (16-17h)
C	27,0±0,2 ^a	28,1±0,3 ^a	6,5±0,1 ^a	6,6±0,2 ^a	7,0±0,0 ^a	6,9±0,1 ^a
J10	27,1±0,2 ^a	28,4±0,4 ^a	6,4±0,1 ^a	6,9±0,1 ^a	7,0±0,0 ^a	6,9±0,0 ^a
J20	26,8±0,2 ^a	28,6±0,5 ^a	6,8±0,1 ^a	6,8±0,2 ^a	7,0±0,0 ^a	6,8±0,1 ^a

721 Letras minúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre tratamentos
722 (ANOVA, média±EP). C: alimentação *ad libitum* durante 60 dias; J10: peixes alimentados *ad libitum* por
723 10 dias, seguidos de 10 dias de jejum e posterior realimentação *ad libitum* por 40 dias; J20: peixes sob
724 jejum de 20 dias e posterior realimentação *ad libitum* por 40 dias.

725

726 4.2 Índices de desempenho

727

728 4.2.a Performance no crescimento

729 Muitas espécies de peixes são sujeitas a um período natural de jejum na
730 natureza. Após o retorno das condições alimentares adequadas, é observado uma
731 aceleração do crescimento, conhecida por crescimento compensatório. O crescimento
732 compensatório é uma estratégia que pode ser empregada no manejo alimentar dos
733 peixes em cativeiro, para melhorar sua taxa de crescimento e eficiência alimentar e,

734conseqüentemente, diminuir os custos de produção (Gaylord & Gatlin III 2000; Ituassú
735et al 2004).

736 Práticas alimentares de restrição e realimentação têm sido bastante utilizadas no
737manejo alimentar de peixes juvenis, sem afetar o desempenho produtivo dos mesmos
738durante o cultivo (Souza et al 1997; Xie et al 2001; Nikki et al 2004; Santos et al 2004;
739Oh et al 2007; Ortiz et al 2008; Palma et al 2010).

740 Neste estudo, o efeito do jejum de 10 e 20 dias sobre o peso total e comprimento
741padrão médio é observado na Tabela 2. Após jejum de 10 e 20 dias, não houve redução
742significativa ($p>0,05$) de peso dos peixes do J10 e J20. No caso de juvenis de tambaqui,
743Ituassú et al (2004) verificaram maior perda de massa quanto maior foi o período de
744privação alimentar dos peixes. Alguns autores também sugerem que o peso dos peixes
745durante a restrição alimentar seja mantido à custa da hidratação dos tecidos (Love 1980;
746Johnston & Coldspink 1973; Kim & Lovell 1995; Souza et al 2000).

747

748Tabela 2. Valores de peso total médio (g) e comprimento padrão médio (cm) de juvenis
749de matrinxã durante 60 dias de experimento.

Período (dias)	C		J10		J20	
	PT	CP	PT	CP	PT	CP
	Após aclimação					
Início	18,4±2,4 ^{Aa}	8,9±0,2 ^{Aa}	16,5±1,4 ^{Aa}	8,9±0,2 ^{Aa}	16,4±1,1 ^{Aa}	8,9±0,1 ^{Aa}
	Fim da restrição					
20	34,7±4,6 ^{Ba}	10,6±0,3 ^{Ba}	19,0±3,2 ^{Ab}	9,4±0,4 ^{Ab}	13,7±1,0 ^{Ab}	8,8±1,4 ^{Ab}
	Fim da realimentação					
60	44,4±4,4 ^{Ca}	12,0±0,3 ^{Ca}	45,7±3,1 ^{Ca}	12,4±0,1 ^{Ca}	49,0±5,1 ^{Ca}	12,5±0,6 ^{Ca}

750Letras maiúsculas diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas ao longo do tempo e
751minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre tratamentos no mesmo
752tempo de coleta (Teste Tukey, $P<0,05$); média±EP, n=6 por tratamento. C: alimentação *ad libitum*
753durante 60 dias; J10: peixes alimentados *ad libitum* por 10 dias, seguidos de 10 dias de jejum e posterior
754realimentação por 40 dias; J20: peixes sob jejum de 20 dias e posterior realimentação *ad libitum* por 40
755dias.

756

757 Os peixes têm de se acostumar primeiro com a alimentação intermitente antes de
758serem capazes de compensar totalmente a falta de alimento durante longos períodos de
759jejum, e para que ocorra recuperação total do crescimento, o período de realimentação
760deve ser muito maior que o período de jejum (Nikki et al 2004).

761 Em estudo realizado com o linguado *Paralichthys olivaceus*, um período de duas
762semanas de privação alimentar seguido de seis semanas de realimentação foi suficiente

763 para que o linguado atingisse o mesmo porte dos peixes sem restrição de alimento (Cho
764 *et al* 2006). Já para o bagre chinês *Leiocassis longirostris*, após uma e duas semanas de
765 restrição alimentar, a completa compensação no crescimento foi atingida em duas
766 semanas de realimentação (Zhu *et al* 2005).

767 O crescimento compensatório é considerado um fenômeno espécie-específico e
768 também depende da duração do período de jejum (Xie *et al* 2001; Oh *et al* 2007). Em
769 *Lates calcarifer*, curtos períodos de privação (uma semana) resultam em crescimento
770 compensatório completo, enquanto que longos períodos de jejum (duas–três semanas)
771 somente resultam em crescimento compensatório parcial (Tian & Qin 2003).

772 Períodos longos de restrição alimentar em estágios iniciais de desenvolvimento
773 também podem comprometer a habilidade de recuperação quando a alimentação é
774 restabelecida (Metcalf & Monaghan 2001). Em juvenis de tilápia do Nilo *Oreochromis*
775 *niloticus* de 1,3g, a privação alimentar por três dias a cada semana foi severa, não
776 ocasionando crescimento compensatório nesta fase de vida (Palma *et al* 2010).

777 Neste estudo, o jejum de 10 e 20 dias não foi considerado severo ao ponto de
778 resultar em limitada capacidade de crescimento compensatório e/ou perda de
779 crescimento dos peixes, pois a matrinxã exibiu crescimento compensatório total após 40
780 dias de realimentação até a saciedade (Tabela 2).

781 Quando o peso corporal dos peixes submetidos a privação alimentar cai abaixo
782 de 60% do peso dos peixes alimentados continuamente, é improvável ocorrer uma total
783 compensação no crescimento (Tian & Qin 2003). Isto não foi observado em juvenis de
784 matrinxã neste estudo. Em estudos com híbridos de tilápia, *Oreochromis mossambicus* x
785 *O. niloticus*, Wang *et al* (2000) registraram ao final de uma, duas e quatro semanas de
786 privação, pesos médios equivalentes a 71%, 48%, e 26% do peso do controle,
787 respectivamente, mas a completa compensação ocorreu somente em peixes privados de
788 alimento por uma semana.

789 Neste estudo, ao final do período de restrição alimentar, o grupo controle
790 apresentou peso médio de 34,7±4,6g, significativamente superior (p=0,001) ao dos
791 juvenis J10 e J20, que apresentaram pesos médios equivalentes a 54,8 (19,0±3,2) e
792 39,6% (13,7±1,09) do peso do grupo controle, respectivamente (Tabela 2). Sendo assim,
793 a regra proposta por Tian & Qin (2003) não se aplica neste estudo, pois os juvenis sob
794 jejum atingiram ao final do experimento peso semelhante ao dos peixes sem restrição de
795 alimento.

797 **4.2.b Índices zootécnicos**

798 Quando os peixes submetidos ao jejum são realimentados e apresentam taxas de
799crescimento significativamente menores que dos peixes alimentados, se verifica um
800crescimento compensatório parcial (Miglavš & Jobling 1989). Já Ali *et al* (2003),
801caracterizaram como crescimento compensatório total ou completo, a resposta em que
802os peixes submetidos à privação de alimento e realimentados alcançam peso final
803semelhante ao dos peixes continuamente alimentados.

804 O desempenho de juvenis de matrinxã neste estudo quando submetidos a 10 e 20
805dias de jejum foi satisfatório ao final do experimento. A taxa de sobrevivência ao final
806do experimento e os valores médios dos índices de desempenho dos juvenis durante
807todo o período experimental estão descritos na Tabela 3.

808

809Tabela 3. Índice de desempenho produtivo de juvenis de matrinxã submetidos a
810diferentes regimes alimentares após 60 dias de experimento.

Índices	Regime alimentar		
	C	J10	J20
Peso final (g)	44,4±4,4 ^a	45,7±3,1 ^a	49,0±5,1 ^a
Ganho de peso (g)	25,9±1,2 ^a	29,2±4,4 ^a	32,6±9,5 ^a
Consumo alimentar (g)	2,83±0,3 ^a	2,74±0,2 ^a	2,52±0,1 ^a
Eficiência alimentar (%)	25,6±4,7 ^a	47,1±7,6 ^a	64,1±25,3 ^a
Sobrevivência (%)	86,7±3,3	96,7±3,3	90,0±5,7

811Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas entre tratamentos (Teste
812Tukey, $P < 0,05$); média±EP, n=6 por tratamento. C: alimentação *ad libitum* durante 60 dias; J10: peixes
813alimentados *ad libitum* por 10 dias, seguidos de 10 dias de jejum e posterior realimentação por 40 dias;
814J20: peixes sob jejum de 20 dias e posterior realimentação *ad libitum* por 40 dias.

815

816 O crescimento compensatório representa um incremento na taxa de crescimento
817(Kim & Lovell 1995). De acordo com a Tabela 3, os juvenis submetidos a jejum (J10 e
818J20) não apresentaram diferença significativa ($p > 0,05$) quanto ao ganho de peso em
819relação aos peixes continuamente alimentados, durante 60 dias de experimento.

820 Os juvenis do J10 e J20 apresentaram melhores valores no ganho de peso
821(29,2±4,4 e 32,6±9,5, respectivamente) em relação ao grupo controle (32,6±9,5). Estes
822resultados demonstram que os juvenis de matrinxã após o jejum de até 20 dias não
823perdem a capacidade de respostas compensatórias de incremento em peso.

824 Um dos mecanismos que pode levar a ocorrência de crescimento compensatório
825 é a hiperfagia, que é um aumento na taxa de consumo alimentar (Ali *et al* 2003).
826 Geralmente, os peixes submetidos à privação alimentar tornam-se hiperfágicos quando a
827 alimentação é restabelecida (Zhu *et al* 2005). A hiperfagia tem sido observada em
828 muitos estudos envolvendo crescimento compensatório (Kim & Lovell 1995; Hayward
829 *et al* 1997; Wang *et al* 2000; Xie *et al* 2001; Tian & Qin 2003).

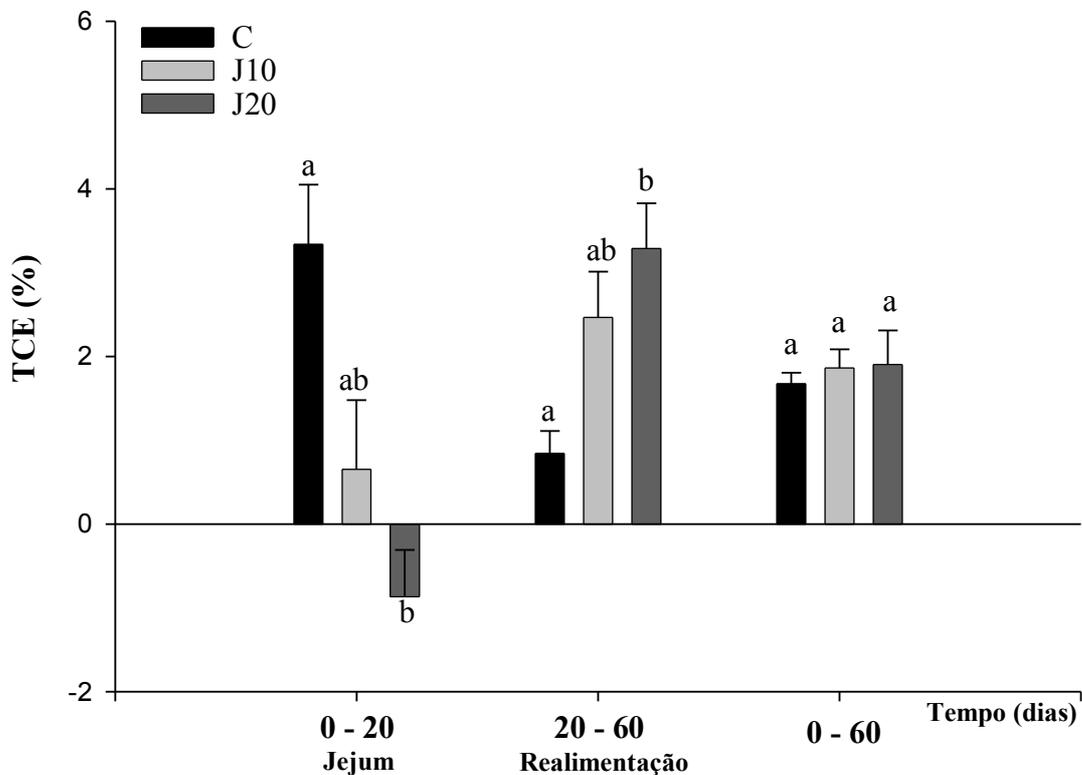
830 Neste estudo, o consumo alimentar durante todo o período experimental foi
831 maior no grupo continuamente alimentado (C) em relação aos peixes submetidos a
832 jejum (J10 e J20), apesar de não haver diferença significativa ($p > 0,05$) (Tabela 3). Esses
833 resultados sugerem que durante um período de 60 dias, juvenis de matrinxã mesmo após
834 jejum de 10 e 20 dias consomem a mesma quantidade de alimento dos peixes
835 continuamente alimentados, sem causar prejuízos ao desempenho dos peixes, pois
836 atingiram tamanhos similares aos peixes do controle (C) (Tabela 3).

837 Estratégias de privação alimentar podem ser usadas nas diferentes fases de
838 desenvolvimento dos peixes cultivados, pois além de melhorar o crescimento,
839 sobrevivência e a conversão alimentar, contribuem para reduzir o desperdício de
840 alimento (Kindschi 1998). Palma *et al* (2010) verificaram em juvenis de tilápia do Nilo
841 submetidos a ciclos de cinco dias de alimentação e dois dias de jejum, uma redução de
842 até 22%/mês na quantidade de alimento ofertada sem causar prejuízos ao desempenho
843 dos peixes. Entretanto, juvenis de *Sparus aurata* sujeitos a ciclos de um dia de jejum e
844 dois dias de alimentação até a saciedade durante 48 dias, consumiram 28% a menos de
845 alimento em relação ao controle e não foram capazes de alcançar o peso médio dos
846 peixes alimentados continuamente (Eroldoğan *et al* 2008).

847 A hiperfagia inicial também pode resultar em redução no apetite após a primeira
848 semana de realimentação, como observado em *L. calcarifer*, levando a reduzidas taxas
849 de consumo de alimento e de crescimento dos peixes (Tian & Qin 2003). Estas reduções
850 nas taxas de consumo e crescimento também foram observadas por Oh *et al* (2007) para
851 o pargo *Pagrus major*, após duas semanas de realimentação. Entretanto, *Leiocassis*
852 *longirostris* privados de alimento por duas semanas apresentaram elevado consumo e
853 taxa de crescimento na primeira semana de realimentação, permanecendo elevado
854 somente o consumo durante todo o período de realimentação (sete semanas) (Zhu *et al*
855 2005).

856 Neste estudo, os maiores valores de TCE foram observados nos juvenis
857 mantidos em jejum (J10 e J20) durante a realimentação (20-60 dias), sendo

858significativamente diferentes ($p=0,027$) do controle apenas os juvenis do J20.
859Considerando todo experimento, os juvenis do J10 e J20 apresentaram as mesmas taxas
860de crescimento, não diferindo ($p>0,05$) do grupo continuamente alimentado (Figura 3).



861

862Figura 3. Taxa de crescimento específico (TCE) de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes
863alimentares. C: peixes alimentados *ad libitum* durante 60 dias; J10: peixes alimentados *ad libitum* por 10
864dias, seguidos de 10 dias de jejum e posterior realimentação por 40 dias; J20: peixes sob jejum de 20 dias
865e posterior realimentação *ad libitum* por 40 dias. (média±EP, n=6 por tratamento). Letras minúsculas
866diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta (Teste Tukey,
867 $P<0,05$).

868

869 A eficiência alimentar também pode aumentar durante o crescimento
870compensatório (Gaylord & Gatlin III 2001), pois, esse parâmetro relaciona o quão bem
871um alimento está sendo utilizado (Azevedo *et al* 1998; Ballestrazzi *et al* 1998). Durante
872todo o experimento, os juvenis do J10 e J20 tenderam a utilizar mais eficientemente o
873alimento para o crescimento, pois apresentaram valores numericamente maiores de
874eficiência alimentar (J10=47,1±7,6 e J20=64,1±25,3), embora não tenham diferido
875($p>0,05$) do grupo controle (25,6±4,7). Apesar de observadas tais melhorias, nenhuma
876diferença foi detectada a nível estatístico ($p>0,05$) (Tabela 3).

877 Em estudos realizados por Oh *et al* (2007), foi demonstrado que a hiperfagia
878acompanhada de melhora na eficiência alimentar foram os principais mecanismos que
879levaram juvenis de pargo a compensar o crescimento nas primeira três semanas de
880realimentação, após jejum de uma, duas e três semanas. Entretanto, híbridos de tilápia
881*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus* sob jejum de quatro semanas seguido de
882quatro semanas de realimentação, embora tenham apresentado elevadas taxas de
883crescimento pela alta ingestão de alimento, não demonstraram eficiência alimentar e
884peso semelhante ao dos peixes continuamente alimentados (Wang *et al* 2005),
885evidenciando uma capacidade parcial de alcançar a compensação no crescimento.

886 Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os juvenis de matrinxã
887apresentam crescimento compensatório completo após 10 e 20 dias de jejum. Essa
888resposta compensatória é acompanhada de uma melhora na eficiência alimentar,
889demonstrando que peixes sob jejum e posterior realimentação convertem mais
890eficientemente o alimento consumido até a saciedade que os peixes alimentados
891diariamente.

892

893 **4.3 Índices morfométricos**

894 As respostas a restrição alimentar variam de espécie para espécie, no tipo de
895reserva utilizada e do tecido no qual estas reservas são obtidas (Silva *et al* 1997). Em
896teleósteos as principais fontes de reservas energéticas estão no fígado e na gordura
897perivisceral (Fujita *et al* 1986; Collins & Anderson 1995). Mudanças morfológicas
898observadas em muitos tecidos durante o jejum são geralmente atribuídas ao catabolismo
899de glicogênio, lipídio e proteínas (Collins & Anderson 1995). Todas essas alterações
900podem levar a uma redução da condição física, da eficiência alimentar e ao aumento da
901heterogeneidade no tamanho dos peixes (Ellis *et al* 2002).

902 A dinâmica da utilização das reservas de energia pode ser parcialmente
903monitorada através de índices morfológicos tais como o IGV e o IHS (Collins &
904Anderson 1995).

905

906

907

908

909 **4.3.a Índice de gordura visceral (IGV)**

910 O tecido adiposo é considerado um grande sítio de estoque de energia nos
911 teleósteos (Sheridan 1994). O IGV permite o acompanhamento da mobilização da
912 gordura armazenada na cavidade visceral dos peixes (Collins & Anderson 1995).

913 Na natureza, a matrinxã tem como estratégia reprodutiva o acúmulo de reservas
914 lipídicas (Zaniboni *et al* 1988) e durante o período pré-desova ocorre redução na
915 ingestão de alimento, fazendo com que os peixes utilizem os depósitos lipídicos
916 acumulados para completar o processo de amadurecimento das gônadas (Junk 1985).
917 Neste sentido, a matrinxã seria capaz de suportar períodos de redução de alimento em
918 cativeiro, podendo mobilizar gordura cavitária para manter os processos fisiológicos
919 importantes, pois períodos de jejum já fazem parte do ciclo de vida dessa espécie.

920 O IGV registrado para os grupos em jejum (J10 e J20) não demonstrou
921 mobilização da gordura cavitária após jejum de 10 e 20 dias (Figura 4). Os juvenis do
922 grupo continuamente alimentado (C) apresentaram maiores valores de IGV, embora não
923 significativo ($p > 0,05$) em relação ao J10 e J20, após 20 dias de experimento.

924 Em estudos com pacu, *P. mesopotamicus*, houve também apenas tendência de
925 utilização da gordura cavitária após restrição de quatro e seis semanas (Souza *et al*
926 2002). Einen *et al* (1998) após submeter *Salmo salar* a períodos de jejum antes do abate,
927 constataram que 30 dias foram suficientes para mobilizar as reservas de lipídio sem
928 provocar perda de peso corporal.

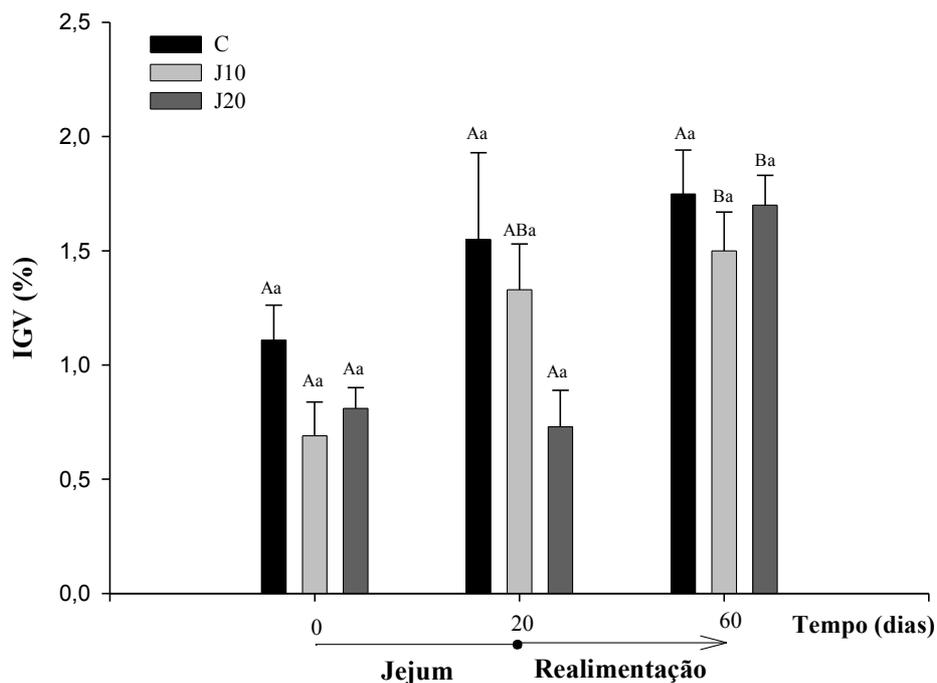
929 Desta forma, um jejum de até 20 dias em juvenis de matrinxã não levou a
930 mobilização significativa ($p > 0,05$) das reservas lipídicas do tecido adiposo (Figura 4),
931 indicando que o jejum não foi severo a ponto dos depósitos de gordura serem utilizados
932 como fonte de energia e ocasionarem perda de peso corporal.

933 Jobling & Johansen (1999) propuseram um modelo lipostático para tentar
934 explicar o crescimento compensatório em peixes, sugerindo que o apetite é regulado em
935 relação aos níveis lipídicos corporais. Segundo estes autores, durante a privação de
936 alimento as reservas lipídicas são utilizadas e com a realimentação ocorre a hiperfagia
937 com o intuito de restaurar os estoques lipídicos. A partir do momento em que essas
938 reservas são restauradas, a hiperfagia cessa assim como as respostas compensatórias,
939 atingindo a trajetória ótima de crescimento.

940 Embora ainda não esteja totalmente definido um modelo para crescimento
941 compensatório em teleósteos (Ali *et al* 2003), Johansen *et al* (2002) afirmam que o
942 modelo lipostático é obedecido para espécies de água fria, pois os estoques de gordura
943 constituiriam a principal fonte energética para a manutenção destes animais durante a

944 falta de alimento no inverno em ambiente natural (Bull & Metcalfe 1997), já em
945 espécies de água quente o modelo vem gerando controvérsias (Xie *et al* 2001; Ali &
946 Jauncey 2004; Zhu *et al* 2005)

947 Xie *et al* (2001) trabalhando com *Carassius auratus gibelio* não concordaram
948 com o modelo, demonstrando que as reservas lipídicas dos peixes foram restabelecidas
949 logo ao início da realimentação e o crescimento compensatório durou por mais algumas
950 semanas. Tian & Qin (2003) observaram em *L. calcarifer* compensação total em peixes
951 submetidos apenas a uma semana de privação, porém os estoques de lipídios não foram
952 totalmente restaurados, sendo que, peixes em jejum por duas semanas as respostas
953 compensatórias cessaram e as reservas lipídicas não foram reestruturadas. Já Ali &
954 Jauncey (2004), trabalhando com o bagre africano *Clarias gariepinus*, concluíram que o
955 rápido crescimento observado durante a fase de crescimento compensatório foi devido à
956 síntese de proteína e não apenas de gordura como definido pelo modelo lipostático.



957

958 Figura 4. Índice de gordura visceral de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares.
959 C: peixes alimentados *ad libitum* durante 60 dias; J10: peixes alimentados *ad libitum* por 10 dias,
960 seguidos de 10 dias de jejum e posterior realimentação por 40 dias; J20: peixes sob jejum de 20 dias e
961 posterior realimentação *ad libitum* por 40 dias. (média±EP, n=6 por tratamento). Letras minúsculas
962 diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta e maiúscula
963 diferente indicam diferença significativa no mesmo tratamento ao longo do tempo (Teste Tukey, P<0,05).

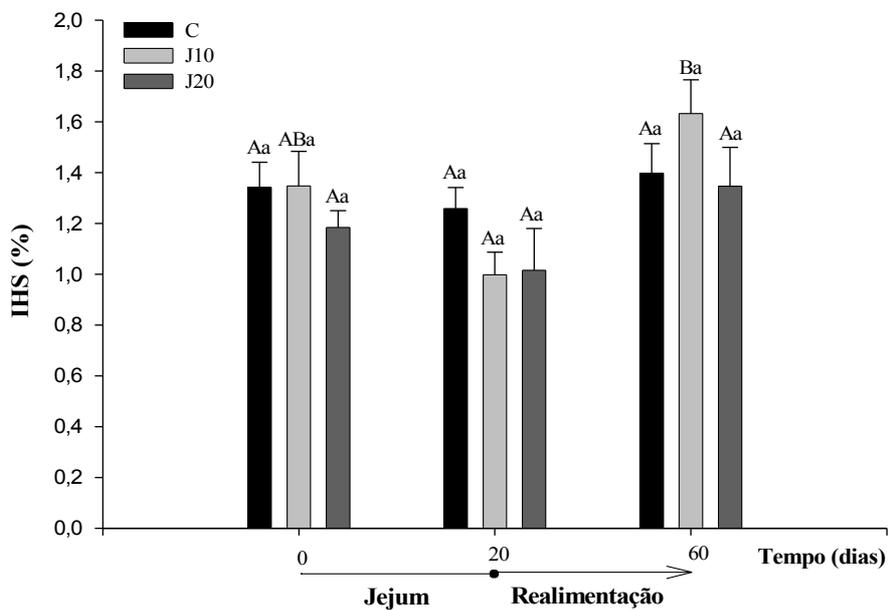
964

965 4.3.b Índice Hepatosomático (IHS)

966 Em peixes, o IHS é um índice que demonstra a alocação de energia para o
967 fígado, sendo este órgão capaz de armazenar grandes quantidades de lipídios e
968 glicogênio como reserva energética (German & Kozlovskaya 2001).

969 Na região amazônica, durante o período de cheia, algumas espécies como o
970 tambaqui ingerem sementes que estão à disposição, aumentando assim o glicogênio
971 hepático e o índice hepatossomático. Esse estoque fornece energia necessária ao
972 organismo durante a estiagem, quando há redução da oferta de alimentos (Saint-Paul
973 1984).

974 Neste estudo, após jejum de 10 e 20 dias não foram observadas mudanças no
975 tamanho do fígado dos juvenis. Os valores médios de IHS observados foram de
976 $0,99 \pm 0,08$ e $1,01 \pm 0,16\%$ para J10 e J20, respectivamente, e de $1,25 \pm 0,08\%$ para o grupo
977 controle (C), sem diferenças significantes ($p > 0,05$) entre os tratamentos. Após o período
978 de realimentação, apesar de ter sido observado um aumento significativo ($p = 0,008$) no
979 IHS apenas para os juvenis do J10, este não foi considerado significativamente diferente
980 ($p > 0,05$) dos demais tratamentos (Figura 5).



981

982 Figura 5. Índice hepatossomático de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares. C:
983 peixes alimentados *ad libitum* durante 60 dias; J10: peixes alimentados *ad libitum* por 10 dias, seguidos
984 de 10 dias de jejum e posterior realimentação por 40 dias; J20: peixes sob jejum de 20 dias e posterior
985 realimentação *ad libitum* por 40 dias. (média±EP, n=6 por tratamento). Letras minúsculas diferentes
986 indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta e maiúscula diferente
987 indicam diferença significativa no mesmo tratamento ao longo do tempo (Teste Tukey, $P < 0,05$).

100
101

988 Durante o jejum, baixos valores do índice hepatossômico podem estar
989 associados à utilização do estoque de gordura e glicogênio necessários para a
990 manutenção da homeostasia (Barker *et al* 1994). Estudos com juvenis do bagre de canal
991 *Ictalurus punctatus* demonstraram uma queda significativa ($p < 0,05$) nos valores de IHS,
992 demonstrando que os estoques de energia do fígado foram rapidamente mobilizados
993 após dois dias de jejum, permanecendo baixos até a realimentação (Gaylord & Gatlin
994 III, 2000). Geralmente, o IHS está intimamente relacionado com a mobilização dos
995 estoques de glicogênio hepático, como observado em *Sparus aurata* após jejum de 18
996 dias, demonstrando drásticas reduções das concentrações de glicogênio hepático e do
997 IHS (Méton *et al* 2003). Silva *et al* (1997) afirmam que os peixes respondem de forma
998 diferente ao jejum, na maioria das vezes, o lipídio hepático tende a ser mobilizado
999 primeiro. No entanto, a tendência geral entre as espécies é utilizar os estoques de
1000 lipídios e glicogênio durante o jejum, e conservar a proteína corporal (Souza *et al*
1001 2000).

1002 Neste estudo as reservas energéticas do fígado durante o jejum de 10 e 20 dias
1003 não foram utilizadas a ponto de causar redução ou variação no tamanho do fígado, como
1004 observado pelos valores de IHS (Figura 5). De acordo com essas informações, sugere-se
1005 que o IHS possa ser utilizado como um índice de resposta ao jejum e realimentação em
1006 peixes na fase juvenil, permitindo assim, uma estimativa mais precisa do comprimento
1007 do jejum necessário para que as reservas energéticas sejam utilizadas sem causar danos
1008 no desempenho dos peixes.

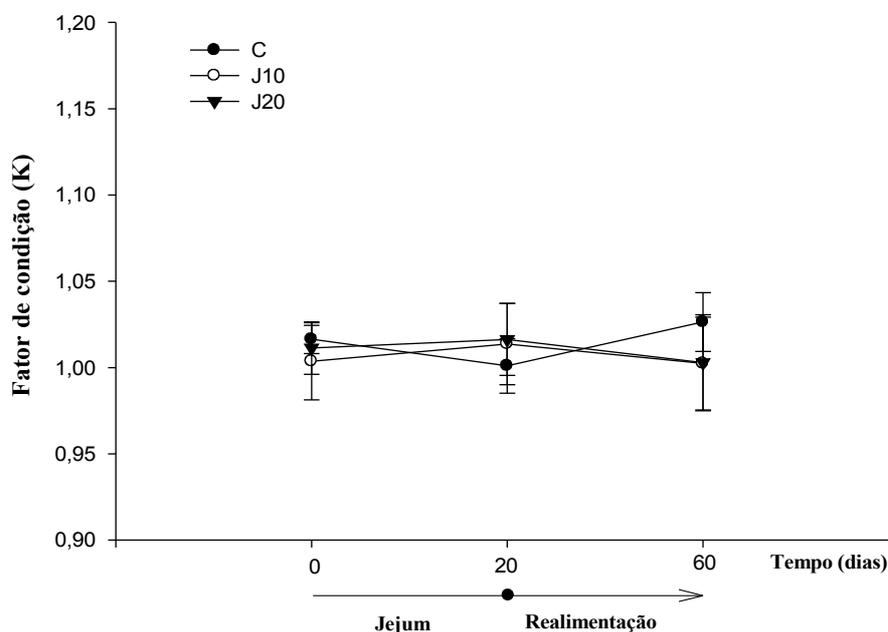
1009

1010 **4.3.c Fator de condição (K)**

1011 O fator de condição é usado para determinar o grau de hígidez do peixe. Por
1012 meio deste é possível realizar comparações entre peixes que estão submetidos a
1013 diferentes condições de alimentação (Ratz & Lloret 2003).

1014 No presente estudo, a estratégia de jejum e realimentação adotada, não resultou
1015 em reduções no fator de condição dos juvenis de matrinxã (Figura 6), devido ao fato de
1016 jejum de 10 e 20 dias não ter ocasionado significativa ($p > 0,05$) perda de peso dos peixes
1017 e mobilização das reservas energéticas para suprir a demanda metabólica durante este
1018 período. O mesmo foi observado em tambaqui *Colossoma macropomum* mantido com
1019 restrição alimentar por 28 dias, onde o fator de condição não foi alterado
1020 significativamente com a restrição (Ituassú *et al* 2004). Entretanto, 28 dias de jejum

1021 foram suficientes para reduzir o fator de condição do bagre de canal (Gaylord & Gatlin
1022 III 2000).



1023

1024 Figura 6. Fator de condição de juvenis de matrinxã submetidos a diferentes regimes alimentares. C:
1025 peixes alimentados *ad libitum* durante 60 dias; J10: peixes alimentados *ad libitum* por 10 dias, seguidos
1026 de 10 dias de jejum e posterior realimentação por 40 dias; J20: peixes sob jejum de 20 dias e posterior
1027 realimentação *ad libitum* por 40 dias. média±EP, n=6 por tratamento.

1028

1029 4.4 Metabolismo intermediário durante o jejum e realimentação

1030 Estudos têm demonstrado que a restrição alimentar, realizada em condições
1031 experimentais, envolve complexas alterações fisiológicas e metabólicas para promover
1032 o ajuste biológico do animal (Blasco *et al* 1992; Rios *et al* 2006). Suas conseqüências
1033 finais são altamente dependentes da espécie considerada, idade, duração do jejum e
1034 condições experimentais tais como temperatura da água, fotoperíodo e dieta (Blasco *et*
1035 *al* 1991; Kieffer & Tufts 1998)

1036 Durante o jejum, ocorre a mobilização do glicogênio, para liberação de glicose,
1037 como combustível para o sistema nervoso central, e de gordura para suprir, na medida
1038 do possível, as necessidades oxidativas de outros tecidos, além da degradação de
1039 proteínas e aminoácidos (catabolismo) (Berne & Levy 2000).

1040 A Tabela 4 apresenta os valores médios dos metabólitos plasmáticos e teciduais
1041 em juvenis de matrinxã durante o jejum alimentar de 10 e 20 dias e posterior
1042 realimentação (20-60 dias).

106

107

1043

1044Tabela 4. Valores médios dos metabolitos intermediários em juvenis de matrinxã submetidos
1045a diferentes regimes alimentares.

1046

Metabólitos	Início			20 dias (fim do jejum)		
	C	J10	J20	C	J10	J20
Metabólitos plasmáticos						
Glicose (mg/dL⁻¹)	132,4±7,8 ^{Aa}	163,4±15,6 ^{Aa}	134,3±6,7 ^{Aa}	159,5±19,3 ^{Aa}	133,6±7,6 ^{Aa}	144,8±30,3 ^{Aa}
Proteína (mg/dL⁻¹)	2,3±0,1 ^{Aa}	2,6±0,0 ^{Aa}	2,4±0,1 ^{Aa}	3,1±0,1 ^{Ba}	3,7±0,1 ^{Bb}	2,6±0,0 ^{Ac}
Triglicerídeos (mg/dL⁻¹)	305,8±33,3 ^{Aa}	313,8±26,2 ^{Aa}	257,7±19,0 ^{Aa}	333,0±30,8 ^{Aa}	288,2±22,6 ^{Aa}	265,1±13,7 ^{Aa}
Metabólitos teciduais						
Glicogênio hepático (µg/mg)	6,9± 1,0 ^{Aa}	6,9±1,5 ^{Aa}	4,2±0,6 ^{Aa}	6,4±0,9 ^{Aa}	15,7±1,0 ^{Bb}	12,1±1,7 ^{Bb}
Glicogênio muscular (µg/mg)	3,2±0,1 ^{Aa}	3,4±0,2 ^{Aa}	3,2±0,1 ^{Aa}	2,5±0,3 ^{ABa}	2,8±0,3 ^{ABab}	2,0±0,2 ^{Bac}

1047C: peixes alimentados *ad libitum* durante 60 dias; J10: peixes alimentados *ad libitum* por 10 dias, seguidos de 10
1048dias de jejum e posterior realimentação por 40 dias; J20: peixes sob jejum de 20 dias e posterior realimentação
1049*ad libitum* por 40 dias. (média±EP, n=6 por tratamento). Letras minúsculas diferentes na mesma linha indicam
1050diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta e letras maiúsculas diferentes na mesma
1051linha e no mesmo tratamento indicam diferenças significativas ao longo do tempo (Teste Tukey, P<0,05).

1052

1053 Em geral, peixes sob jejum apresentam como resposta a redução nos níveis de
1054glicemia (Ince & Thorpe 1976; Foster & Moon 1991; Blasco *et al* 1992, Navarro *et al*
10551992; Power *et al* 2000). Entretanto, no presente estudo os níveis glicêmicos de todos os
1056tratamentos não apresentaram mudanças significativas ($p>0,05$) em seus valores
1057médios, incluindo o jejum e a realimentação (Tabela 4).

1058 Adicionalmente, a manutenção dos níveis de glicose já foi reportada para
1059*Acipenser transmontanus* Hung *et al* (1997), para adultos de *Brycon cephalus*
1060Figueiredo-Garutti *et al* (2002) e *Rhamdia quelen* Barcelos *et al* (2010). A depressão da
1061taxa metabólica durante o jejum também pode contribuir com a manutenção da
1062homeostase glicêmica (Foster & Moon 1991).

1063 Na maioria dos peixes, o glicogênio hepático é geralmente o primeiro substrato
1064usado como fonte de energia para manter a glicemia durante o jejum (Navarro &
1065Gutiérrez 1995; Metón *et al* 2003). Em alguns casos o glicogênio hepático pode exibir
1066alterações na sua concentração frente a períodos curtos de jejum. Figueiredo-Garutti *et*
1067*al* (2002) observaram recuperação parcial e próximo aos níveis normais de glicogênio
1068hepático em adultos de *B. cephalus* após cinco e quatorze dias de jejum,
1069respectivamente, sugerindo um incremento na produção de glicose a partir da
1070gliconeogênese hepática que excede a demanda de glicose. A gliconeogênese é a rota
1071responsável pela síntese de glicose *de novo* e síntese de glicogênio a partir de
1072precursores não glicídios como lactato, aminoácidos e glicerol (Moon 1988).

1073 Neste estudo, foram observados em juvenis de matrinxã submetidos a jejum de
107410 e 20 dias níveis significativamente ($p<0,001$) elevados de glicogênio hepático em
1075relação aos níveis do grupo controle. Após 40 dias de realimentação houve queda nas
1076concentrações de glicogênio, embora apenas os juvenis do J10 ainda demonstrarem
1077níveis significativamente ($p<0,05$) elevados em relação ao controle (Tabela 4).
1078Infelizmente a fonte de aminoácidos e outros substratos não glicídicos para a
1079gliconeogênese não foram determinados neste estudo.

1080 Aumento nos níveis de glicogênio hepático durante jejum também foi relatado
1081por Walton e Cowey (1982) em *Oncorhynchus nerka* através de gliconeogênese a partir
1082de alanina antes da desova. Nagai & Ikeda (1971) constataram em *Cyprinus carpio* que
1083um período de 22 dias de jejum o glicogênio hepático aumentou de 8,5% para 10,65%
1084enquanto os valores de glicose no sangue flutuaram amplamente (3,2-6,6 mmol/l). Isto
1085implica: (1) que o glicogênio não está servindo como uma fonte imediata de glicose no
1086sangue ou (2) gliconeogênese está operando para atender a demanda de glicose.

1087 De acordo com Haman *et al* (1997) não se pode inferir fluxos metabólicos a
1088partir de mudanças nas concentrações dos metabólitos. Entretanto, Figueiredo-Garutti *et*
1089*al* (2002) afirmam que a rápida adaptação do metabolismo de carboidrato de matrinxã
1090frente a ausência de glicose exógena pode estar relacionada à mudanças nos hormônios
1091pancreáticos. Estes autores observaram valores relativamente altos de glucagon em
1092paralelo à queda de insulina plasmática nesta espécie, sugerindo ser o bastante para
1093desencadear o fornecimento de glicose pelo fígado e ativar a via gliconeogênica.

1094 Alguns autores ainda consideram a interpretação da mobilização de glicogênio
1095hepático incoerentes em alguns experimentos. Segundo Navarro & Gutiérrez (1995) a
1096determinação do glicogênio hepático apresenta vários problemas que podem complicar
1097a interpretação deste parâmetro sob algumas condições experimentais. Uma delas é com
1098relação à grande variação na quantidade de glicogênio entre os indivíduos.

1099 O glicogênio muscular pode ser mobilizado para suprir o déficit energético no
1100organismo, sendo em menor magnitude que o hepático (Black & Love 1986; Foster &
1101Moon 1991; Navarro *et al* 1992). Entretanto, a maioria dos trabalhos indica que o
1102glicogênio muscular é utilizado somente após o esgotamento do glicogênio hepático
1103(Jobling 1994).

1104 Nagai & Ikeda (1971) mostraram que períodos de restrição alimentar superiores
1105a 164 dias não resultam em uma queda significativa na reserva de glicogênio muscular
1106em carpa comum. Porém, esses peixes apresentaram redução de 75% da reserva de
1107glicogênio hepático após 100 dias de restrição alimentar, indicando que iniciam a
1108utilização das reservas a partir do glicogênio tecidual hepático.

1109 Neste estudo, apesar dos juvenis de matrinxã do grupo J20 demonstrarem
1110aumento de glicogênio hepático, houve redução significativa ($p=0,001$) na concentração
1111de glicogênio muscular após jejum de 20 dias. Segundo Navarro e Gutiérrez (1995) a
1112mobilização do glicogênio muscular está provavelmente mais relacionado a um
1113incremento na atividade muscular do que com a privação de alimento.

1114 Após 20 dias de experimento, os juvenis do J10 e J20 submetidos ao jejum de 10
1115e 20 dias, respectivamente, não mostraram alterações nos níveis plasmáticos de
1116triglicerídeos. Esses resultados demonstram que durante o jejum não houve mobilização
1117de gordura para atender as necessidades de manutenção dos animais, pois os
1118triglicerídeos circulantes considerados indicadores da metabolização deste substrato
1119durante o jejum não sofreram variações. Já os níveis plasmáticos de proteína total, todos
1120os grupos demonstraram diferenças ($p<0,05$) aos 20 dias de experimento. Os juvenis do

118
119

1121J10 apresentaram maiores valores de proteína plasmática (3,7±0,1 mg/dL) em relação
1122ao C (3,1±0,1mg/dL) e J20 (2,6±0,0 mg/dL). Entretanto, não podemos inferir que os
1123juvenis sob jejum tenham utilizado a proteólise para manutenção de suas necessidades
1124energéticas. Ao final do experimento os níveis de proteína e triglicerídeos dos peixes
1125sob jejum (J10 e J20) não apresentaram diferenças significativas em relação ao grupo
1126controle (Tabela 4).

1127 Weatherley & Gill (1987) já afirmavam que em peixes submetidos a períodos de
1128jejum, as inter-relações existentes entre os vários constituintes do corpo são muito
1129complexas, o que dificulta a definição da estratégia metabólica predominante,
1130empregada pelas várias espécies para se adaptarem à estes períodos.

1131 Na maioria das vezes, a impossibilidade de detecção de significância estatística
1132nas alterações observadas em alguns parâmetros bioquímicos pode estar relacionada ao
1133período de aclimatação, a elevada variabilidade interindividual, juntamente com o
1134tamanho relativamente pequeno da amostra retirada para análise. Outra explicação seria
1135a mobilização homogênea de vários substratos de outros tecidos para manutenção do
1136metabolismo energético durante o jejum, que por fim não demonstraram ter
1137significância estatística.

1138

1139 **4.5 Composição corporal**

1140 As análises de composição corporal dos peixes não revelaram influência do
1141jejum sobre o conteúdo de umidade, proteína e cinzas ao final do experimento (Tabela
11425). Entretanto, ficou evidente a influencia do jejum no conteúdo de lipídio corporal para
1143os juvenis do J20, embora não diferir significativamente ($p>0,05$) do grupo controle.
1144O aumento porcentual de lipídio nos peixes que passaram por jejum de 20 dias sugere
1145um aumento da deposição de gordura corporal, o que dá suporte à afirmação de que o
1146aumento de massa como resposta ao jejum não é causado apenas pela deposição de
1147músculo, mas também de gordura corporal. Entretanto, estudos sobre efeito da privação
1148alimentar em parâmetros de crescimento e composição corporal de juvenis de tambaqui
1149demonstraram maior deposição de proteína corporal quando os juvenis passam a ser
1150alimentados à vontade após serem submetido à privação alimentar (Ituasú *et al* 2004).

1151

1152

1153

1154

121
122

1155 Tabela 5. Composição corporal de juvenis de matrinxã após 60 dias de experimento.

Parâmetros	Regime alimentar		
	C	J10	J20
Umidade *	68,1±0,7 ^a	70,0±1,0 ^a	69,2±0,8 ^a
Proteína*	17,1±0,3 ^a	16,4±0,2 ^a	16,1±0,0 ^a
Cinzas*	3,8±0,0 ^a	3,2±0,2 ^a	3,2±0,0 ^a
Lipídios*	10,8±0,0 ^a	9,9±0,7 ^a	12,7±0,1 ^a

1156*Concentração expressos em % de peso úmido

1157C: peixes alimentados *ad libitum* durante 60 dias; J10: peixes alimentados *ad libitum* por 10 dias,
1158seguidos de 10 dias de jejum e posterior realimentação por 40 dias; J20: peixes sob jejum de 20 dias e
1159posterior realimentação *ad libitum* por 40 dias. (média±EP, n=6 por tratamento). Letras minúsculas
1160diferentes indicam diferença significativa entre tratamentos no mesmo tempo de coleta (Teste Tukey,
1161P<0,05).

1162
1163
1164
1165
1166
1167
1168
1169
1170
1171
1172
1173
1174
1175
1176
1177
1178
1179
1180
1181
1182
1183
1184

124
125

1185 **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

1186

1187 Nas condições utilizadas no presente estudo, juvenis de matrinxã demonstraram
1188 capacidade de compensação total de crescimento quando submetidos a até 20 dias de
1189 jejum, consumindo a mesma quantidade de alimento dos peixes continuamente
1190 alimentados.

1191 A redução na oferta de alimento pode ser utilizada como uma estratégia de
1192 manejo alimentar durante a fase de engorda deste peixe, auxiliando na redução de custos
1193 em cultivo.

1194 Os resultados encontrados permitem sugerir que o jejum alimentar de 10 e 20
1195 dias em juvenis de matrinxã, não acarretaram alterações substanciais nos índices
1196 biométricos e parâmetros metabólitos, pois os juvenis de matrinxã apresentam
1197 habilidade para ajustes fisiológicos que permitem manter a homeostase em períodos
1198 curtos de restrição.

1199 Desta forma, os resultados demonstram que a matrinxã nesta fase de vida tolera
1200 um jejum de até 20 dias sem prejuízos relevantes para seu desempenho e hígidez ao
1201 ponto de comprometer o crescimento compensatório.

1202

1203

1204

1205

1206

1207

1208

1209

1210

1211

1212

1213

1214

1215

1216

1217

1218

127

128

1219 **6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA**

1220

1221ALI, M NICIEZA, A WOOTTON, RJ. 2003. Compensatory growth in fishes: a
1222 response to growth depression. *Fish and Fisheries*. 4: 147-190.

1223AOAC, 1990. Official methods of analyses of the Association of Agriculture Chemists.

1224 15 ed. Washington DC, 1008p.

1225AZEVEDO, PA et al. 1998. Effects of feeding level and water temperature on growth,

1226 nutrient and energy utilization and waste outputs of rainbow trout (*Oncorhynchus*

1227 *mykiss*). *Aquatic Living Resources*. 11: 227-238.

1228BALLESTRAZZI, R. et al. 1998. Performance, nutrient retention efficiency, total

1229 ammonia and reactive phosphorus excretion of growing European sea-bass

1230 (*Dicentrarchus labrax*, L.) as affected by diet processing and feeding level.

1231 *Aquaculture*. 161: 55-75.

1232BARCELOS, LJG MARQUEZE, A TRAPP, M QUEVEDO, RM FERREIRA, D. 2010.

1233 The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in

1234 adult jundiá *Rhandia quelen*. *Aquaculture*, 300:231-236.

1235BAVČEVIĆ, L KLANJŠČEK, T KARAMARKO, V ANIČIĆ, I LEGOVIĆ, T. 2010.

1236 Compensatory growth in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) compensates weight,

1237 but not length. *Aquaculture*. 301: 57-63.

1238BERNARDINO, G SENHORINI, JA FONTES, NA BOCK, CL MENDONÇA, JOJ.

1239 1993. Propagação artificial do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869),

1240 (Teleostei, Characidae). *Boletim Técnico Cepta*. 6, nº 2: 1-10.

1241BLACK, D. & LOVE, RM. 1986. The sequential mobilization and restoration of energy

1242 reserves in tissues of Atlantic cod during starvation and refeeding. *J. Comp.*

1243 *Physiol.* 156, Part B: 469-479.

- 1244BLASCO, J et al. 1991. The effects of starvation and refeeding on plasma amino acids
1245 levels, *Cyprinus carpio* L, 1758. *Journal Fish Biology*, 38: 587-598.
- 1246BLASCO, J FERNÁNDEZ, J GUTIÉRREZ. J. 1992. Fasting and refeeding in carp,
1247 *Cyprinus carpio* L.: the mobilization of reserves and plasma metabolite and
1248 hormone variations. *J. Comp. Physiol.* 162, Part B: 539–546.
- 1249BRANDÃO, FR. et al. 2005. Densidade de estocagem de matrinxã, (*Brycon*
1250 *amazonicus*) na recria em tanque-rede. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 40:
1251 299-303.
- 1252BULL, CD. & METCALFE, NB. 1997. Regulation of hyperphagia in response to
1253 varying energy deficits in over-wintering juvenile Atlantic salmon. *Journal of*
1254 *Fish Biology*. 50: 498-510.
- 1255CAMARGO, ACS FERNANDES, JBK URBINATI, EC. 2003. Efeito da restrição
1256 alimentar moderada aplicada à fêmea de matrinxã (*Brycon cephalus*) no
1257 desempenho da progênie, p. 149-159. In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de
1258 Aqüicultura, 2002, Goiânia.
- 1259CAMARGO, ACS ZAIDEN, SF URBINATI, EC. 2008. Desenvolvimento gonadal de
1260 fêmeas de matrinxã, *Brycon amazonicus*, submetidas a restrição alimentar.
1261 *Ciência Rural*. 38, nº 4: 1105-1110.
- 1262CAMILO, RY. 2007. Efeito da adição de aminoácidos essenciais livres à dieta e da
1263 ausências de nutrientes na atividade de enzimas digestivas e no metabolismo
1264 intermediário de juvenis de matrinxã *Brycon amazonicus*. (Dissertação Mestrado)
1265 Universidade Federal de São Carlos – São Carlos, SP.
- 1266CARVALHO, RAPL FERRAZ, JAF SILVA, ALN. 1997. Efeito da densidade de
1267 estocagem no desempenho do matrinxã, *Brycon cephalus* (Günther, 1869),

- 1268 cultivado em tanques-rede no período de inverno. São Paulo, *B. Inst. Pesca*. 24:
1269 177-185.
- 1270CARVALHO, EG & URBINATI, EC. 2005. Crescimento, desenvolvimento gonadal e
1271 composição muscular de matrinxã (*Brycon cephalus*) submetido à restrição
1272 alimentar e realimentação durante um ano. *Ciência Rural*, 34 (4): 897-902.
- 1273CHAMPE, PC. & HARVEY, RA. 1996. Bioquímica ilustrada. Porto Alegre: Editora
1274 Artes Medicas Sul Ltda.
- 1275CHO, SH LEE, S PARK, BH JI, S LEE, J BAE, J OH, SY. 2006. Compensatory growth
1276 of juvenile olive flounder, *Paralichthys olivaceus* L., and changes in proximate
1277 composition and body condition indices during fasting and after refeeding in
1278 summer season. *Journal of the World Aquaculture Society*. 37: 168–174.
- 1279COLLINS, AL. & ANDERSON, TA. 1995. The regulation of endogenous energy stores
1280 during starvation and refeeding in the somatic tissues of the golden perch. *Journal*
1281 *of Fish Biology*. 47: 1004-1015.
- 1282COOK, JT. et al. 2000. Effect of food deprivation on oxygen consumption and body
1283 composition of growth-enhanced transgenic Atlantic salmon (*Salmo salar*).
1284 *Aquaculture*. 188: 47-63.
- 1285EINEN, O. et al. 1998. Starvation prior to slaughter in Atlantic salmon (*Salmo salar*). I.
1286 Effects on weight loss, body shape, slaughter-and fillet-yield, proximate and fatty
1287 acid composition. *Aquaculture*. 166: 85-104.
- 1288ELLIS, T. et al. 2002. The relationships between stocking density and welfare in farmed
1289 rainbow trout. *Journal of Fish Biology*. 61: 493-531.
- 1290EROLDOĞAN, OTO TAŞBOZAN, O TABAKOĞLU, S. 2008. Effects of Restricted
1291 Feeding Regimes on Growth and Feed Utilization of Juvenile Gilthead Sea
1292 Bream, *Sparus aurata*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 39, 2, 267-274.

- 1293FAO. Estatísticas da Produção Mundial de Pescado em 2007. Rome, FAO, 101p. 2009.
- 1294FIGUEIREDO-GARUTTI, ML NAVARRO, I CAPILLA, E SOUZA, RHS MORAES,
1295 G GUTIÉRREZ, J VICENTINI-PAULINO, MLM. 2002. Metabolic changes in
1296 *Brycon cephalus* (Teleostei, Characidae) during post-feeding and fasting.
1297 *Comparative Biochemistry and Physiology*. 132, Part A, 467–476.
- 1298FIM, JDI. 2002. Criatório de Matrinxã em Igarapé. *Revista Agroamazônia* 1, 1, 56p.
- 1299FOSTER, GD. & MOON, TW. 1991. Hypometabolism with fasting in the yellow perch
1300 (*Perca flavescens*): a study of enzymes, hepatocyte metabolism, and tissue size.
1301 *Physiol. Zool.* 64: 259–275.
- 1302GAYLORD, TG. & GATLIN III, DM. 2000. Assessment of compensatory growth in
1303 channel catfish *Ictalurus punctatus* R. and associated changes in body condition
1304 indices. *J. World Aqua. Soc.* 31, nº 3: 326-336.
- 1305GERMAM, AV & KOZLOVSKAYA, VI. 2001. Hepatosomatic index e the
1306 biochemical composition of the liver in *Abramis brama* in the Sheksna Stretch of
1307 the Rybinsk reservoir at different levels of toxicant accumulation. *Journal of*
1308 *Ichthyology*. 41: 160-163.
- 1309GILLIS, TE & BALLANTYNE, JS. 1996. The effects of starvation on plasma free
1310 amino acid and glucose concentrations in lake sturgeon. *Journal of Fish Biology*.
1311 49: 1306–1316.
- 1312GOMES, LC. et al. 2000. Effect of stocking on quality, survival, and growth of larvae
1313 of matrinxã, *Brycon cephalus* (Characidae), in ponds. *Aquaculture*. 183: 73-81.
- 1314GOMES, LC BALDISSEROTTO, B SENHORINI, JA. 1998. Influência da densidade
1315 de estocagem na produtividade de larvas de matrinxã, *Brycon cephalus* (Pisces,
1316 Characidae) em tanques. Pirassununga, *Boletim Técnico do CEPTA*, 11: 1-12.
- 1317GOULDING, M. 1979. Ecologia da pesca do rio Madeira. Manaus: INPA.

- 1318 GUIMARÃES, SF & STORTI FILHO, A. 1997 The effects of temperature on survival
1319 of young matrinhã (*Brycon cephalus*) under laboratory conditions. In:
1320 Internacional Symposium Biology of Tropical Fishes, Resumos. 41p.
- 1321 GURNEY, WSC JONES, W VEITCH, AR NISBET, RM., 2003. Resource allocation,
1322 hyperphagia, and compensatory growth in juveniles. *Ecology*. 84, n°10: 2777–
1323 2787.
- 1324 GUTIÉRREZ, J PÉREZ, J NAVARRO, I; ZANUY, S CARRILLO, M. 1991. Changes
1325 in plasma glucagon and insulin associated with fasting in sea bass (*Dicentrarchus*
1326 *labrax*). *Fish Physiol. Biochem.* 9: 107-112.
- 1327 HAYWARD, RS NOLTIE, DB WANG, N. 1997. Use of compensatory growth to
1328 double hybrid sunfish growth rates. *Transactions of American Fisheries Society*.
1329 126: 316-322.
- 1330 HEIDE, A FOSS, A STEFANSSON, SO MAYER, I NORBERG, B ROTH, B
1331 JENSSEN, MD NORTVEDT, R IMSLAND, AK. 2006. Compensatory growth
1332 and fillet crude composition in juvenile Atlantic halibut: Effects of short term
1333 starvation periods and subsequent feeding. *Aquaculture*. 261: 109-117.
- 1334 HEPHER, B. 1988. Nutrition of pond fishes. Cambridge: Cambridge University Press.
- 1335 HORNICK, JL VAN EENAEME, C GÉRARD, O DUFRASNE, I ISTASSE, L. 2000.
1336 Mechanisms of reduced and compensatory growth. *Domestic Animal*
1337 *Endocrinology*. 19: 121-132.
- 1338 IBAMA. 2007. Estatística da Pesca 2007: Grandes Regiões e Unidades da Federação.
1339 Ministério do Meio Ambiente –MMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e
1340 dos Recursos Naturais Renováveis. IBAMA, 2007. 113p.
- 1341 INCE, B. W. & THORPE, A. 1976. The effects of starvation and force-feeding on the
1342 metabolism of the Northern pike, *Esox lucius* L. *Journal of Fish Biology* 8, 79–88.

- 1343ITUASSÚ, DR SANTOS, GRR ROUBACH, R PEREIRA-FILHO, M. 2004. Growth of
1344 tambaqui submitted to different feed deprivation periods. *Pesquisa Agropecuária*
1345 *Brasileira*. 39: 1199-1203.
- 1346IZEL, ACU. & MELO, LAS. 2004. Criar matrinxã: atividade econômica potencial para
1347 o agronegócio amazonense. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 22p.
- 1348JIANG, S. 2010. Aquaculture, capture fisheries, and wild fish stocks. *Resource and*
1349 *Energy Economics*. 32, n° 1: 65-77.
- 1350JOHNSTON, IA. & COLDSPINK, G. 1973. Some effects of prolonged starvation on
1351 the metabolismo of red and White myotomal muscles of the plaice *Pleuronectes*
1352 *platessa*. *Marine Biology*, London, 19:348-353.
- 1353JOBLING, M. 1994. Fish bioenergetics. London: Chapman & Hall. 309p.
- 1354JOBLING, M. & JOHANSEN, SJS. 1999. The lipostat, hyperphagia and catch-up
1355 growth. *Aquaculture Research*. 30: 473– 478.
- 1356KIEFFER, JD & TUFTS, BL. 1998. Effects of deprivation on white muscle energy
1357 reserves in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): the relationships with body size
1358 and temperature. *Fish Physiology Biochemistry*, 19 (3): 239-245.
- 1359KIM, M.K. & LOVELL, RT. 1995. Effect of restricted feeding regimens on
1360 compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish *Ictalurus*
1361 *punctatus* in ponds. *Aquaculture*, Amsterdam, v.135, p.285-293.
- 1362LEITE, RG. & ARAÚJO-LIMA, CARM. 2002. Feeding of the *Brycon cephalus*,
1363 *Triportheus elongates* and *Semaprochilodus insignis* (Osteichthyes,
1364 Characiformes) larvae in Solimões/Amazonas river and floodplain áreas. *Acta*
1365 *Amazônica*. 32, n° 3: 499-515.

- 1366LIMA, FCT. Subfamily Bryconinae (Characins, Tetras). In: R.E.K. REIS, S.O;
1367 FERRARIS JR, C.J. (Ed). Check List of the Freshwater Fishes of South an
1368 Central America. Porto Alegre: EDPURCS, 2003, 174-181.
- 1369LOWE-MCCONNEL, RH. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes
1370 tropicais. DUSP, São Paulo.
- 1371MACKENZIE, DS VANPUTTE, CM LEINER, KA. 1998. Nutrient regulation of
1372 endocrine function in fish. *Aquaculture*. 161: 3-25.
- 1373MAREGONI, NG POZZA, MSS BRAGA, GC LAZZERI, DB CASTILHA, LD
1374 BUENO, GW PASQUETTI, TJ POLESE, C. 2009. Caracterização
1375 microbiológica, sensorial e centesimal de fishburgers de carne de tilápia
1376 mecanicamente separada. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. 10, 1:
1377 168-176.
- 1378METCALFE, NB. & MONAGHAN, P. 2001. Compensation for bad start: grow now,
1379 pay later? *Trends in Ecology & Evolution*. 16: 254-260.
- 1380METÓN, I FERNANDEZ, F BAANANTE, IV. 2003. Short- and long-term effects of
1381 refeeding on key enzyme activities in glycolysis-gluconeogenesis in the liver of
1382 gilthead seabream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*. 225: 99-107.
- 1383MEURER, F, et al. 2002. Lipídios na Alimentação de Alevinos Revertidos de Tilapia
1384 do Nilo (*Oreochromis niloticus*. L). *Rev.Bras.Zootec*. 31: 566-573.
- 1385MIGLAVS, I. & JOBLING, M. 1989. The effects of feeding regime on proximate body
1386 composition and patterns of energy deposition in juvenile Arctic charr, *Salvelinus*
1387 *alpinus*. *J. Fish Biol*. 35: 1-11.
- 1388MOON, TW. 1988. Adaptation, constraint and function of the gluconeogenic pathway.
1389 *Can. J. Zool*. 66: 1059-1068.

- 1390MORAES, G. & BIDINOTTO, PM. Induced changes in the amylohydrolytic profile of
1391 the gut of *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1885) fed different levels of
1392 soluble carbohydrate: its correlation with metabolic aspect. *Revista de Ictiologia*
1393 8, 47-51, 2000.
- 1394MORATA, P., A. M. VARGAS, F. SANCHEZ-MEDINA, M. GARCIA, G.
1395 CARDENETE, AND S. ZAMORA. 1982. Evolution of gluconeogenic enzyme
1396 activities during starvation in liver and kidney of the rainbow trout (*Salmo*
1397 *gairdneri*). *Comparative Biochemistry and Physiology* 7 IB:65-70.
- 1398NAGAI, M & IKEDA, S. 1971. Carbohydrate Metabolism in Fish: Effects of starvation
1399 and dietary composition on the blood glucose level and the hepatopancreatic
1400 glycogen and lipids contents in carp. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific*
1401 *Fisheries*, 37(5): 404-409.
- 1402NAVARRO, I & GUTIÉRREZ, J. 1995. Fasting and Starvation. In *Biochemistry and*
1403 *Molecular Biology of Fishes* (Hochachka, P.W. e Mommsen, T.P., eds), New
1404 York: Elsevier. 4: 393–433.
- 1405NAVARRO, I GUTIÉRREZ, J PLANAS, J. 1992. Changes in plasma glucagon, insulin
1406 and tissue metabolites associated with prolonged fasting in Brown trout (*Salmo*
1407 *trutta fario*). *Comp. Biochem. Physiol.* 102, Part A: 401–407.
- 1408NEWGARD, CB. et al. 1983. Studies on the mechanism by which exogenous glucose is
1409 converted into liver glycogen in the rat. A direct or an indirect pathway? *J. Biol.*
1410 *Chem.* 258, 13: 8046-8052.
- 1411NIKKI, J PIRHONEN, J JOBLING, M KARJALAINEN, J. 2004. Compensatory
1412 growth in juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), held
1413 individually. *Aquaculture*. 235: 285–296.

- 1414OGAWA, M. & MAIA, EL. 1999. Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do
1415 Pescado, Varela, 430p.
- 1416OH, SY. & NOH, CH. 2007. Effect of Restricted Feeding Regimes on Compensatory
1417 Growth and Body Composition of Red Sea Bream, *Pagrus major*. *Journal of the*
1418 *World Aquaculture Society*. 38, nº 3: 443-449.
- 1419ONO, EA. 2005. Cultivar peixes na Amazônia: possibilidade ou utopia? *Panorama da*
1420 *Aqüicultura*, julho/agosto: 41-48.
- 1421ORTIZ, JC SÁNCHEZ, S ROUX, JP GONZÁLEZ, AO. 2008. Crecimiento
1422 compensatorio de juveniles de pacú (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887)
1423 en diferentes sistemas de alimentación. *B. Inst. Pesca*. 34, nº 2: 251 – 258.
- 1424PALMA, EH TAKAHASHI, LS DIAS, LTS GIMBO, RY KOJIMA, JT NICODEMO,
1425 D. 2010. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no
1426 desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT. *Ciência*
1427 *Rural*. 40, nº 2: 421-426.
- 1428PAUL, AJ PAUL, JM SMITH, RL. 1995. Compensatory growth in Alaska yellow fin
1429 sole, *Pleuronectes asper*, following food deprivation. *Journal of Fish Biology*. 46:
1430 442-448p.
- 1431PIZANGO-PAIMA, EG PEREIRA-FILHO, M OLIVEIRA-PEREIRA, MI. 2001.
1432 Composição corporal e alimentar do matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869),
1433 na Amazônia Central. *Acta Amazônica*. 31, nº 3: 509-520.
- 1434PLISETSKAYA, E. 1980. Fatty acid levels in blood of cyclostomes and fish. *Env Biol*
1435 *Fish* 5:273–290.
- 1436

- 1437POWER, DM MELO, J SANTOS, CRA. 2000. The effect of food deprivation and
1438 refeeding on the liver, thyroid hormones and transthyretin in sea bream. *Journal*
1439 *of Fish Biology* 56, 374–387
- 1440QIAN, X CUI, Y XIONG, B YANG, Y. 2000. Compensatory growth, feed utilization
1441 and activity in gibel carp, following feed deprivation. *Journal of Fish Biology*. 56:
1442 228-232.
- 1443RATZ, HJ. & LLORET, J. 2003. Variation in fish condition between Atlantic cod
1444 (*Gadus morhua*) stocks the effect on their productivity and management
1445 implications. *Fisheries Research* 60, 369-380.
- 1446RIBEIRO, MCLB. 1983. As migrações dos jaraquis (Pisces, Prochilodontidae) no Rio
1447 Negro, Amazonas, Brasil. Dissertação (Mestrado) – Instituto Nacional de
1448 Pesquisa da Amazônia, Manaus.
- 1449RIOS, FS MORAES, G OBA, ET FERNANDES, MN DONATTI, L KALININ, AL
1450 RANTIN, FT. 2006. Mobilization and recovery of energy stores in traíra,
1451 *Hoplias malabaricus* Bloch (Teleostei, Erythrinidae) during long-term starvation
1452 and after re-feeding. *Journal of Comparative Physiology*. 176, Part B: 721–728.
- 1453ROMAGOSA, E SCORVO-FILHO, JD AYROZA, LMS FRASCA-SCORVO, CMD.
1454 1998. Influencia da aeração no crescimento e engorda do matrinxã, *Brycon*
1455 *cephalus*, em viveiros. *Boletim Técnico do CEPTA*. 11: 49-58.
- 1456ROUBACH, R CORREIA, ES ZAIDEN, S MARTINO, RC CAVALLI, RO. 2003.
1457 Aquaculture in Brazil. *World Aquaculture*. 34: 28-35.
- 1458RYAN,WJ. 1990. Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutritional Abstract*
1459 *Review of Series*. 60, Part B, 653-664.
- 1460SALAM, A. & DAVIES, PMC. 1994. “Body composition of northern pike (*Esox lucius*
1461 L.) in relation to body size and condition factor”, *J. Fish. Res.* 19: 193-204.

- 1462 SHERIDAN, MA. 1994. Regulation of lipid metabolism in poikilothermic vertebrates.
1463 *Comp. Biochem. Physiol.* 1107, Part B, 495-508.
- 1464 SHERIDAN, MA. & MOMMSEN, TP. 1991. Effects of nutritional state on in vivo
1465 lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, salmon, *Oncorhynchus*
1466 *kisutch*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 81, 473–483.
- 1467 SILVA, SD., et al. 1997. Changes in the fatty acid profiles of hybrid red tilapia,
1468 *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, subjected to short-term starvation, and
1469 a comparison with changes in seawater raised fish. *Aquaculture.* 153: 273-290.
- 1470 SOUZA, VL. et al. 2000. Effects of food restriction and refeeding on energy stores and
1471 growth of pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Characidae). *J. Aqua. Trop.* 15, n° 4:
1472 371-379.
- 1473 SOUZA, VL URBINATI, EC GONÇALVES, DC SILVA, PC. 2002. Composição
1474 corporal e índices biométricos do pacu, *Piaractus mesopotamicus* Holmberg,
1475 1887 (Osteichthyes, Characidae) submetido a ciclos alternados de restrição
1476 alimentar e realimentação. *Acta Scientiarum.* 24, n° 2: 533-540.
- 1477 SOUZA, VL URBINATI, EC OLIVEIRA, EG. 1997. Restrição alimentar,
1478 realimentação e as alterações no desenvolvimento de juvenis de pacu (*Piaractus*
1479 *mesopotamicus* Holmberg, 1887). *Boletim do Instituto de Pesca.* 24: 19-24.
- 1480 SUAREZ, RK. & MOMMSEN, TP. 1987. Gluconeogenesis in teleost fishes. *Can. J.*
1481 *Zool.* 65: 1869-1882.
- 1482 SUMPTER, JP LEBAIL, PY PICKERING, AD POTTINGER, TG CARRAGHER, JF.
1483 1991. The effect of starvation on growth and plasma growth hormone
1484 concentrations of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Gen. Comp. Endocrinol.*
1485 83: 94–102.

- 1486 TIAN, X. & QIN, JG. 2003. A single phase of food deprivation provoked compensatory
1487 growth in barramundi *Lates calcarifer*. *Aquaculture*. 224: 169–179.
- 1488 VAN DEN THILLART, G. & VAN RAAI, M. 1995. Endogenous fuels, non invasive
1489 versus invasive approaches. In: HOCHACHKA, PW & MOMMSEN, P. (Ed.).
1490 Biochemistry and Experimental Zoology 271, 6, 425-431.
- 1491 WANG, Y CUI, Y YANG, Y CAI, F. 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia,
1492 *Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture* 189:
1493 101–108.
- 1494 WANG T, ANDERSEN J, HICKS JW. 2005. Effects of digestion on the respiratory and
1495 cardiovascular physiology of amphibians and reptiles. In Adaptations in
1496 Physiological and Ecological Adaptations to Feeding in Vertebrates, ed. JM
1497 Starck, TWang, pp. 279–303. New Delhi: Sci. Publ. Inc.
- 1498 WALTON, MJ. & COWEY, CB. 1982. Aspects of intermediary metabolism in
1499 salmonid fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 73, Part B: 59–79.
- 1500 WEATHERLEY, AH. & GILL HS. 1987. Dynamics of muscle growth in fish. In
1501 WEATHERLEY, AH & GILL, HS. The Biology of Fish Growth. Academic
1502 Press, Inc., 150-161.
- 1503 WERDER, U. & SAINT-PAUL, U. 1978. Feeding trials with herbivorous and
1504 omnivorous amazonian fishes. *Aquaculture*. 15, nº 2: 617-619.
- 1505 WERDER, U. & SAINT-PAUL, U. 1979. Experiências de alimentação com tambaqui
1506 (*Colossoma macropomum*), pacu (*Mylossoma* sp), jaraqui (*Semaprochilodus*
1507 *theraponura*) e matrinxã (*Brycon melanopterus*). *Acta Amazônica*. 9, n3: 617-619.
- 1508 XIE, S ZHU, X CUI, Y LEI, W YANG, Y WOOTTON, RJ. 2001. Compensatory
1509 growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth,

163

164

1510 nutrient deposition, feed intake and body composition. *Journal of Fish Biology*.

1511 58: 999-1009.

1512 ZANIBONI-FILHO, E. 1985. Biologia da reprodução do matrinxã, *Brycon cephalus*

1513 (Gunther, 1869) (Teleostei, Characidae). Dissertação (Mestrado) – Instituto

1514 Nacional de Pesquisa da Amazônia, Manaus, 134p.

1515 ZANIBONI-FILHO, E. et al. 1988. Caracterização morfológica do matrinxã, *Brycon*

1516 *cephalus* (GÜNTHER, 1869) (TELEOSTEI: CHARACIDAE). *Revista Brasileira*

1517 *de Biologia*, 48, 1, 41-50.

1518 ZAR, JH. (1999) *Biostatistical Analysis*. 4th ed. Upper Saddle River, NJ. Prentice-Hall.

1519 ZHU, X XIE, ST LEI, W CUI, Y YANG, Y WOOTTON, RJ. 2005. Compensatory

1520 growth in the Chinese longsnout catfish, *Leiocassis longirostris* following feed

1521 deprivation: Temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and

1522 body composition. *Aquaculture*. 248: 307–314.

1523

1524