

Giovanni Resende de Oliveira

**RESTRIÇÃO ALIMENTAR PROGRAMADA NA PRODUÇÃO DE TILÁPIA
(*Oreochromis niloticus*) EM VIVEIROS E EM RECIRCULAÇÃO DE ÁGUA.**

Tese apresentada à Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof^o Edgar de Alencar Teixeira

**Belo Horizonte - MG
Escola de Veterinária – UFMG
2015**

Folha de assinatura

À minha Mãe, Anita
*Pela perseverança, amor
e bons exemplos de conduta;*

Aos meus tios e padrinhos Maria Luiza e Arcanjo
Pelos bons conselhos e embasamento familiar;

Ao primo Geraldo
Pela amizade e apoio;

À minha esposa Marcella e Filhos (Thomaz e Otávio)
Por dar sentido e maior significado às coisas da vida..

DEDICO

Agradecimentos

A Deus...

À Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, pela oportunidade e por dispor de sua infraestrutura para a condução das atividades de pesquisa.

Ao orientador Prof^o Edgar de Alencar Teixeira pela confiança depositada desde o início, a presteza nos momentos mais difíceis e a condução do processo de forma amigável.

Aos membros da banca de defesa, Prof^o Eduardo Turra, Érika Alvarenga, Pesquisador Rodrigo Takata e Prof^o Paulo Faria.

Aos professores do DZO/UFMG Prof^o Leonardo Bôscoli, Prof^o Walter Motta, Prof^o Iran Borges, Prof^o Leonardo Lara e Prof^o Dalton.

Aos colegas pesquisadores da EPAMIG Thiago Freato, Alexmiliano Vogel e Vicente Gontijo.

Aos pesquisadores das empresas congêneres Álvaro Graeff e João Casaca (EPAGRI) e João Donato Scorvo (APTA) pelo material de apoio.

Ao colega zootecnista João Ricardo Albanez (SEAPA/MG) pelas colaborações.

Aos chefes de pesquisa e administração da URECO/EPAMIG, Édio Costa e Waldênia Diniz. Singular agradecimento à atual chefe de pesquisa, Wânia Neves, pelo apoio decisivo no período final do doutoramento.

À equipe administrativa e Gerente da Fazenda Exp. de Leopoldina - EPAMIG/FELP, Sr Paulo Gama.

Ao colega pesquisador Francisco Morel pelo apoio na revisão de trechos da tese.

Aos colegas do programa de pós graduação da UFMG, Déborah, Túlio, Weliene e demais pelo apoio na coleta de dados e em especial ao Samuel e Karen pela ajuda na condução de análises laboratoriais.

Ao graduando Leandro e pós graduandos da UFV Thiago e Rafael pelo apoio na coleta de dados.

Aos graduandos e bolsistas Laura e Walisson do LAQUA pelo auxílio, em especial à Amanda pela ajuda na condução das análises histológicas.

Ao Prof^o Eduardo Mendes e ao bolsista Henrique do DCA/UFLA pela realização das análises de atividade de água.

Ao responsável pelo Laboratório de Computação da EV/UFMG, Danilo, pelo apoio imediato na realização das análises estatísticas.

Ao técnico Jardel Peixoto e funcionários de campo Geraldo Francisco e José Lopes da FELP/EPAMIG pela dedicação na condução dos ensaios experimentais.

Em especial, aos colegas do Laboratório de Bromatologia da EPAMIG/FESR, Elizabete, Maristela, Adelmo e Irandy pelo apoio na condução das análises bromatológicas.

Aos colegas José Geraldo (Batata) e Jair José pelo apoio nas eventuais manutenções de natureza elétrica e mecânica.

Ao Joaquim, sócio-proprietário da empresa Agrobell, pelo apoio logístico.

Aos demais colegas da EPAMIG/FESR, Daniel Sobreira, Karina Toledo, José Lara, Maria Celuta que apoiaram naquilo em que foram solicitados e aqueles que de alguma forma manifestaram interesse.

Aos amigos e familiares que me incentivaram no decorrer do processo.

À FAPEMIG pela concessão de financiamento, vinculado ao processo APQ 3664-10.

Epígrafe

"Se, a princípio, a ideia não é absurda, então não há esperança para ela."

"O importante é não parar de questionar."

Albert Einstein

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	09
LISTA DE FIGURAS.....	13
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. Capítulo I - REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Benefícios promovidos pela adoção de estratégias de restrição alimentar....	18
2.2 Reflexos e adaptações morfofisiológicas em peixes submetidos à privação alimentar.....	21
2.3 Metabolismo energético em peixes submetidos à programas de restrição alimentar.....	23
2.4 Gestão por resultados na aquicultura.....	24
2.5 Preceitos para o desenvolvimento sustentável na aquicultura.....	25
2.6 Referências Bibliográficas.....	27
3. Capítulo II - EFEITO DA RESTRIÇÃO ALIMENTAR PROGRAMADA NO CULTIVO DE TILÁPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>) EM VIVEIROS ESCAVADOS.....	34
Resumo.....	34
Abstract.....	35
3.1 Introdução.....	36
3.2 Material e Métodos.....	37
3.3 Resultados e Discussão.....	48
3.3.1 Qualidade de água.....	48
3.3.2 Desempenho zootécnico.....	48
3.3.3 Ingestão compensatória de ração.....	53
3.3.4 Fator de condição e rendimentos de cortes comerciais.....	55
3.3.5 Composição centesimal de carcaça.....	57
3.3.6 Atividade de água na carcaça.....	58
3.3.7 Índices somáticos e morfometria do trato digestório.....	59
3.3.8 Histologia do intestino (altura de vilosidades).....	61
3.3.9 Metabolismo energético intermediário (parâmetros sanguíneos).....	62
3.3.10 Projeções e análises econômicas.....	66
3.4 Conclusões.....	81
3.5 Referências Bibliográficas.....	82

4.	Capítulo III - EFEITO DA RESTRIÇÃO ALIMENTAR PROGRAMADA NO CULTIVO DE TILÁPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO.....	93
	Resumo.....	93
	Abstract.....	94
4.1	Introdução.....	95
4.2	Material e Métodos.....	96
4.3.1	Resultados e Discussão.....	106
4.3.2	Qualidade de água.....	106
4.3.3	Desempenho zootécnico.....	107
4.3.4	Ingestão compensatória de ração.....	109
4.3.5	Fator de condição e rendimentos de cortes comerciais.....	111
4.3.6	Composição centesimal de carcaça.....	112
4.3.7	Atividade de água na carcaça.....	113
4.4	Índices somáticos e morfometria do trato digestório.....	114
4.5	Projeções e análises econômicas.....	115
4.6	Conclusões.....	125
4.7	Referências Bibliográficas.....	127
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	132
6.	ANEXOS.....	133

LISTA DE TABELAS

Capítulo II

Tabela 1.	Estratégias de restrição alimentar programada aplicadas aos lotes de tilápias cultivadas em viveiros.....	39
Tabela 2.	Configurações dos manejos alimentares restritivos empregados no ensaio de viveiros escavados, conforme ciclos semanais.....	39
Tabela 3.	Níveis de garantia mínima e composição físico-química da ração comercial utilizada no ensaio de restrição alimentar de tilápias em viveiros.....	41
Tabela 4.	Peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho em biomassa no período (GB), ganho de peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE) taxa de sobrevivência (TS), consumo total de ração (C) e conversão alimentar aparente (CA) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	49
Tabela 5.	Fator de condição (K), rendimento de filés com costela (RFC), rendimento de filés (RF), rendimento de gordura abdominal (RGA) e rendimento de contra-filé (RCF) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	56
Tabela 6.	Umidade, proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), cinzas, cálcio (Ca) e fósforo (P) da carcaça de tilápia-do-nilocultivada em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	57
Tabela 7.	Atividade de água (Aw) da carcaça de tilápia-do-nilo cultivada em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	59
Tabela 8.	Índice viscerossomático (IVS), índice hepatossomático (IHS), peso relativo do estômago (PRE), peso relativo do intestino (PRI) e comprimento do intestino (CI) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	60
Tabela 9.	Altura de vilosidades (μm) do intestino de tilápia-do-nilo cultivada em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	61
Tabela 10.	Médias dos parâmetros sanguíneos: glicemia (GLICOSE), triglicerídeos (TRIG), colesterol (COLEST) e proteínas totais (PROT) de tilápia-do-nilo cultivada em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	63

Tabela 11.	Dados de receita bruta média (RBM), custo com alimentação (CuA), margem bruta média (MBM), margem bruta relativa (MBR), rentabilidade média (RM) e índice relativo de rentabilidade (IRR) do sistema semi-intensivo em viveiro escavado (1 ha), em função da estratégia de restrição alimentar imposta, sem dedução de mão de obra.....	66
Tabela 12.	Projeções econômicas para piscicultura em viveiros escavados, com 50,0 ha de área produtiva, adotando-se dispensa parcial de mão de obra exclusivamente empregada na operação de arraçamento.....	70
Tabela 13.	Indicadores de rendimento da mão de obra conforme manejo alimentar restritivo em sistema semi-intensivo com águas verdes e projeção baseada em piscicultura com 50 ha de área produtiva.....	71
Tabela 14.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação de preços da ração comercial, considerando projeções para piscicultura em viveiro escavado com 50,0 ha e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçamento.....	72
Tabela 15.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e do aumento no valor de mão de obra (salário base), considerando projeções para piscicultura em viveiro escavado com 50,0 ha e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçamento.....	73
Tabela 16.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação nos preços de venda do pescado (kg vivo), considerando projeções para piscicultura em viveiro escavado com 50,0 ha e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçamento.....	73
Tabela 17.	Projeções econômicas para piscicultura em viveiros escavados, com 1,0 ha de área produtiva, adotando-se dispensa de funcionário em turnos integrais (8h).....	76
Tabela 18.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação de preços da ração comercial, para piscicultura em viveiro escavado com 1,0 ha de área produtiva e dispensa de funcionário em turno integral.....	78
Tabela 19.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação nos preços de venda do pescado (kg vivo), para piscicultura em viveiro escavado com 1,0 ha de área produtiva e dispensa de funcionário em turno integral.....	78
Tabela 20.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e do aumento no valor de mão de obra (salário base) para piscicultura em viveiro escavado com 1,0 ha de área produtiva e dispensa de funcionário em turno integral.....	79

Capítulo III

Tabela 1.	Estratégias de restrição alimentar programada aplicada aos lotes de tilápias cultivadas em caixas adaptadas (recirculação).....	98
Tabela 2.	Configurações dos manejos alimentares restritivos empregados no ensaio de caixas adaptadas, conforme ciclos semanais.....	98
Tabela 3.	Níveis de garantia mínima e composição físico-química da ração comercial utilizada no ensaio de restrição alimentar de tilápias em caixas adaptadas (recirculação).....	100
Tabela 4.	Peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho de biomassa (GB), ganho de peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de sobrevivência (TS), consumo total de ração (C) e conversão alimentar aparente (CA) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	107
Tabela 5.	Fator de condição (K), rendimento de filés com costela (RFC), rendimento de filés (RF), rendimento de gordura abdominal (RGA) e rendimento de contra-filé (RCF) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	111
Tabela 6.	Umidade, proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), cinzas, cálcio (Ca) e fósforo (P) da carcaça de tilápia-do-nilo cultivada em sistema intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	112
Tabela 7.	Atividade de água (Aw) da carcaça de tilápia-do-nilo cultivada em sistema semi-intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	113
Tabela 8.	Índice viscerossomático (IVS), índice hepatossomático (IHS), peso relativo do estômago vazio (PRE), peso relativo do intestino (PRI) e comprimento do intestino (CI) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.....	114
Tabela 9.	Dados de receita bruta média (RBM), custo com alimentação (CuA), margem bruta média (MBM), rentabilidade média (RM) e índice relativo de rentabilidade (IRR) do sistema intensivo em recirculação (1 módulo com 5 caixas-terminadoras), em função da estratégia de restrição alimentar imposta, sem dedução de mão de obra.....	116
Tabela 10.	Projeções econômicas para piscicultura em recirculação (1 módulo), adotando-se dispensa parcial de mão de obra exclusivamente empregada na operação de arraçamento.....	117

Tabela 11.	Indicadores de rendimento da mão de obra conforme manejo alimentar restritivo adotado em sistema intensivo em águas claras (recirculação), usando caixas adaptadas.....	118
Tabela 12.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação de preços da ração comercial, considerando projeções para piscicultura em recirculação (1 módulo) e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçoamento.....	119
Tabela 13.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação nos preços de venda do pescado (kg vivo), considerando projeções para piscicultura em recirculação (1 módulo) e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçoamento.....	120
Tabela 14.	Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e do aumento no valor de mão de obra (salário base), considerando projeções para piscicultura em recirculação (1 módulo) e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçoamento.....	120

LISTA DE FIGURAS

Capítulo II

Figura 1.	Estação de Piscicultura da Fazenda Experimental de Leopoldina FELP/UREZM/EPAMIG.....	37
Figura 2.	Viveiros escavados experimentais utilizados no ensaio de manejo alimentar restritivo no cultivo de tilápias em sistema semi-intensivo.....	38
Figura 3.	Seleção dos juvenis de tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) utilizando selecionador manual.....	40
Figura 4.	Valores médios mensais de temperaturas máximas e mínimas da água de cultivo dos viveiros escavados, no período de novembro de 2012 a abril de 2013.....	48
Figura 5.	Margens brutas relativas (MBR) obtidas das projeções econômicas de três pisciculturas hipotéticas em viveiro escavado, com diferentes áreas produtivas, conforme dedução de mão de obra exclusivamente empregada nas operações de arraçoamento e nas diferentes estratégias alimentares restritivas aplicadas.....	69
Figura 6.	Valores de margem bruta relativa para piscicultura de pequeno porte em viveiro escavado, conforme a estratégia de racionalização de mão de obra adotada e manejo alimentar restritivo por três dias consecutivos.....	77

Capítulo III

Figura 1.	Estação de Piscicultura da Fazenda Experimental de Leopoldina – FELP/UREZM/EPAMIG.....	96
Figura 2.	a) Laboratório de aquicultura em sistema de recirculação; b) Caixas adaptadas de fibra de vidro com volume total de 1.000 L, equipadas com sistemas de adução, drenagem de fundo e hapas para evitar com que os peixes tenham acesso aos resíduos fecais e biofilme no fundo e paredes da caixa.....	97
Figura 3.	Seleção dos juvenis de tilápia-do-nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>) utilizando selecionador manual.....	99
Figura 4.	Valores médios mensais de temperaturas máximas e mínimas da água de cultivo das caixas adaptadas, no período de dezembro de 2012 a abril de 2013.....	106
Figura 5.	Variação no consumo total de ração dos tratamentos-teste em relação ao grupo controle, em ensaio sobre restrição alimentar programada em tilápias-do-nilo cultivadas sob sistema de recirculação.....	109
Figura 6.	Margens brutas relativas obtidas das projeções econômicas de três pisciculturas hipotéticas em sistema de recirculação (caixas adaptadas), com diferentes volumes de produção, conforme os manejos alimentares restritivos aplicados...	122

RESUMO

O desenvolvimento de programas alimentares mais adequados quanto à intensidade e duração da restrição pode se constituir em maneira eficaz para minimizar os efeitos do consumo exagerado de alimento e suas consequências negativas para a eficiência alimentar dos peixes e economicidade do negócio. Nesse sentido, juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) (100 ± 2 g; 137 ± 3 g) foram submetidos a diferentes estratégias de alimentação em dois sistemas de produção distintos, sendo um semi-intensivo em viveiros escavados e o outro intensivo em recirculação de água. No sistema semi-intensivo com água verde foram testadas quatro estratégias alimentares em ciclos semanais subsequentes: VT1 - alimentação contínua; VT2 - um dia de restrição na semana; VT3 - dois dias consecutivos de restrição na semana e VT4 - três dias consecutivos de restrição na semana. No sistema intensivo com água clara foram testadas cinco estratégias alimentares em ciclos semanais subsequentes: CT1 - alimentação contínua; CT2 - supressão de uma refeição na semana; CT3 - supressão de duas refeições não consecutivas na semana; CT4 - supressão de três refeições não consecutivas na semana; CT5 - supressão de quatro refeições não consecutivas na semana. Foram avaliados o desempenho produtivo, o consumo de ração no período pós-restrição, os rendimentos de cortes comerciais, a composição centesimal e atividade de água na carcaça, os índices morfométricos de órgãos digestivos, a histologia do intestino, o metabolismo energético intermediário e os indicadores econômicos por meio de projeções e análises de rentabilidade. Ocorreu ingestão compensatória nos dois ensaios, com um acréscimo nas primeiras alimentações da ordem de 20 % em todo o período experimental. No ensaio em viveiros, o ganho de peso do grupo controle foi maior comparado aos grupos submetidos a manejo restritivo, enquanto que no ensaio em sistema de recirculação não houve diferenças significativas. A conversão alimentar não foi diferente significativamente entre os grupos no ensaio em viveiros. A qualidade de carcaça e rendimentos industriais não variaram de forma significativa nos dois ensaios. Os índices somáticos, morfometria de órgãos e altura de vilosidades intestinais não diferiram entre os grupos testados. O metabolismo energético intermediário indicou que não houve utilização intensa e/ou duradoura dos estoques energéticos plasmáticos, evidenciando a capacidade da tilápia-do-nilo em manter estável os níveis de glicose, triglicérides, colesterol e proteínas totais sob restrição em dias em sistema semi-intensivo. Nos sistemas de cultivo semi-intensivo houve racionalização de ração e mão de obra, que promoveu superação da eficiência econômica dos grupos testados em comparação ao grupo controle. As estratégias alimentares restritivas aplicadas ao sistema de cultivo intensivo permitiram otimizar a mão de obra e aumentar a eficiência econômica do negócio quando comparado ao grupo sem restrição alimentar. O manejo alimentar restritivo configurado sob a forma de dias consecutivos e em refeições, conforme empregado no presente estudo para sistema semi-intensivo e intensivo, respectivamente, pode ser recomendado como estratégia de gestão na tilapicultura. Considerando a variação de preços de venda da tilápia e o aumento no preço de aquisição de insumos como ração e mão de obra, as projeções e análises de sensibilidade atestaram o ganho em competitividade das pisciculturas em sistemas de viveiro e de recirculação de diferentes portes. Quando a experimentação envolve redução e/ou otimização de insumos destinados à produção de peixes comerciais, o desempenho zootécnico, por si só, pode não ser capaz de apontar se as tecnologias ou manejos empregados tornam a atividade mais rentável. Análises econômicas baseadas no custo alimentar efetivo e na eficiência operacional são imprescindíveis para a gestão por resultados na aquicultura.

Palavras-chave: manejo alimentar, restrição alimentar, qualidade de carcaça, rendimento de carcaça, rendimento operacional, eficiência econômica.

ABSTRACT

The development of more appropriate feeding programs as the intensity and duration of the restriction may constitute an effective way to minimize the effects of excessive consumption of food and its negative consequences for fish feeding efficiency and economy of business. Accordingly, the juvenile Nile tilapias (100 ± 2 g; 137 ± 3 g) were submitted to different feeding strategies in two different production systems, a semi-intensive in ponds and the other intensive, in recirculating water. In semi-intensive system with green water, four feeding strategies in subsequent weekly cycles were tested: VT1 - continuous feed; VT2 - one day of restriction a week; VT3 - two consecutive days of the restriction a week VT4 - three consecutive days of the restriction a week. In the intensive system with clear water were tested five feeding strategies in subsequent weekly cycles: CT1 - continuous feed; CT2 - deletion of one meal a week; CT3 - deletion of two non-consecutive meals a week; CT4 - deletion of three non-consecutive meals a week; CT5 - deletion of four non-consecutive meals a week. We evaluated the growth performance, feed intake in the post-restriction period, the yield of commercial cuts, the chemical composition and water activity in the carcass, the indices of digestive organs, bowel histology, energy metabolism and intermediate economic indicators by means of projections and profitability analyzes. Compensatory intake occurred in both assays, with an increase around 20 % in the first feeding throughout the experimental period. In the trial in nurseries, the control group weight gain was higher compared to groups subjected to restrictive management, while in the test recirculation system there were no significant differences. Feed conversion of groups in ponds was not significantly different. The quality of carcass and industrial yield did not differ significantly in both assays. Somatic index, organs morphometry and intestinal villi height did not differ statistically among the tested groups. The intermediate energy metabolism indicated that there was no intensive use and/or lasting plasma energy stocks, showing the ability of Nile tilapia to maintain stable glucose levels, triglycerides, cholesterol and total protein under restriction in days in semi-intensive system. In semi-intensive production systems there was rationalization of feed and labor, which promoted overcoming of the economic efficiency of the tested groups compared to the control group. Restrictive feeding strategies applied to intensive production system allowed to optimize the labor and improve the economic efficiency of business compared to those without food restriction. The restrictive feeding management configured in the form of consecutive days and meals, as used in these studies to semi-intensive systems and intensive, respectively, can be recommended as a management strategy in tilapia production. Considering the change in fish prices and the increase in the purchase price of inputs such as food and labor, the projections and sensitivity analyzes attested gain in competitiveness of fish farms in pond and recirculation systems of different sizes,. When the trial involves reduction and/or optimization of inputs for the production of commercial fish, the growth performance in itself, may not be able to point if technologies or management methods used make the activity more profitable. Economic analyzes based on actual food cost and operational efficiency are essential to managing for results in aquaculture.

Keywords: feed management, food restriction, carcass quality, carcass yield, operating income, economic efficiency.

1. INTRODUÇÃO

A atividade pesqueira brasileira gera um PIB nacional de R\$ 5 bilhões por ano, mobiliza 800 mil profissionais e proporciona 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos, aproximadamente. O potencial brasileiro é enorme, e o País pode-se tornar um dos maiores produtores mundiais de peixe. Hoje, o Brasil ocupa a 17ª posição no ranking mundial de pescados cultivados e a 19ª na produção total de pescados. A tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) é considerada uma das espécies mais promissoras para conquistar o mercado externo, sendo que sua produção crescente já representa quase metade do total produzido pela aquicultura continental brasileira (Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura, 2014).

Programas alimentares eficientes e a máxima utilização dos nutrientes alimentares constituem as principais preocupações do segmento da aquicultura frente à previsão de uma alta demanda mundial de pescados no curto e médio prazo.

Há muitos piscicultores com dificuldades na definição de um programa nutricional e alimentar e na avaliação da relação custo/benefício das rações disponíveis no mercado. Uma dúvida frequente nas fazendas é se o manejo alimentar empregado é o mais adequado (Kubitza, 2006).

Os primeiros trabalhos com programas alimentares baseados em restrição alimentar em peixes tropicais estiveram focados na adoção de longos períodos de privação alimentar, a fim de simular circunstâncias a que os peixes estão passíveis em ambientes naturais. Os ensaios submetiam os peixes a condições extremas de privação alimentar com o propósito de explicar a dinâmica do metabolismo e influência sobre parâmetros reprodutivos, bem como em alguns deles, aspectos relativos à capacidade de recuperação do peso corporal. A partir da constatação de que muitas espécies apresentavam uma habilidade para compensação de crescimento e características corporais, houve maior interesse no estudo do crescimento compensatório com vistas a seu entendimento amplo e aplicabilidade nos sistemas de cultivo comercial.

Sabe-se que práticas alimentares inapropriadas na aquicultura, podem levar a passagem direta do alimento pelo trato gastrointestinal (*overfeeding*), resultando em resíduos alimentares na água e conseqüentemente altos custos de produção e contaminação do meio aquático. Entretanto, alimento insuficiente leva a baixo crescimento ou altas mortalidades, causando perdas econômicas na aquicultura (Eroldogan et al., 2006).

O desenvolvimento de planos alimentares como aqueles que envolvem restrição alimentar quantitativa, pode configurar-se em estratégia interessante do ponto de vista prático e econômico, ao reconhecer a importância do manejo alimentar como fator chave no uso simultâneo e integrado dos insumos básicos e tecnológicos para produção de pescados.

Essa tese tem como objetivo geral gerar informações que possam contribuir com o manejo alimentar e condução de empreendimentos de tilapicultura, inclusive no que se refere à alocação de recursos humanos. Visando contribuir para o desenvolvimento de programas alimentares mais eficientes essa tese tem como objetivos específicos:

1. Avaliar o efeito de três estratégias de alimentação que consistiram em períodos curtos de restrição alimentar na forma de dias consecutivos, seguidos de realimentação à saciedade, associados a um sistema de produção semi-intensivo com a presença de alimento natural (água verde), sobre a ocorrência de hiperfagia, desempenho produtivo e econômico, qualidade de carcaça, rendimentos industriais, metabolismo energético intermediário, índices somáticos e morfometria do trato digestório de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*).

2. Avaliar o efeito de quatro estratégias de alimentação que consistiam em algumas supressões não consecutivas de refeições no ciclo semanal, seguidos de realimentação à saciedade, associados a um sistema intensivo de produção sem a presença de alimento natural, sobre a ocorrência de hiperfagia, desempenho produtivo e econômico, qualidade de carcaça, rendimentos industriais, índices somáticos e morfometria do trato digestório de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*).

Essa tese se organiza em três capítulos, os quais promovem organização de idéias e informações importantes para a pesquisa. No primeiro capítulo, é realizada uma revisão de literatura, a qual oferece os subsídios teóricos para as demais etapas investigativas. O segundo capítulo, volta-se para o ensaio de restrição alimentar em sistema de viveiro escavado, enquanto que o terceiro capítulo o faz para sistema de recirculação. Finalmente são feitas as considerações finais, as quais buscam sintetizar e contextualizar os resultados e possíveis implicações práticas das estratégias de manejo alimentar testadas.

2. CAPÍTULO I - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Benefícios promovidos pela adoção de estratégias de restrição alimentar

Uma das grandes motivações dos pesquisadores que atuam nas áreas de nutrição e alimentação de peixes ao executarem ensaios de restrição alimentar é a detecção do fenômeno de crescimento ou ganho compensatório. Essa primeira constatação é interessante quando se pretende avaliar se a espécie apresenta habilidade para enfrentar períodos de privação alimentar e abre possibilidades para sua utilização dentro de um programa alimentar.

Outro benefício observado quando da aplicação de manejos alimentares restritivos em peixes é a melhoria nos índices de eficiência alimentar. Sun et al. (2006) comentaram que algumas espécies de peixes têm maior crescimento e melhor conversão alimentar quando alimentadas até a saciedade, enquanto, outras apresentaram melhor desempenho quando alimentadas em níveis um pouco abaixo da saciedade.

Além da qualidade de água, diversos fatores contribuem para a grande amplitude de conversão alimentar que se registra no campo. Dentre muitos, merece destaque a forma como os peixes são alimentados, em especial, a quantidade de alimento fornecida diariamente (Kubitza, 2012).

Algumas hipóteses são utilizadas para explicar o aumento na eficiência alimentar de peixes em decorrência de ganho compensatório. Uma se baseia na diminuição das exigências de manutenção, devido a diminuição na taxa metabólica basal (Zubair & Leeson, 1994) enquanto outras fundamentam-se em aumento da atividade enzimática no trato digestório (Foster & Moon, 1991; Sundby et al., 1991; Soengas et al., 1996).

Adicionalmente aos avanços no desempenho animal, há potencial de melhoria sobre a qualidade de carcaça dos peixes, promovendo melhor acabamento e rendimentos industriais dos respectivos cortes.

Nesse sentido, as estratégias alimentares restritivas têm sido utilizadas com objetivos específicos para cada segmento. Na suinocultura, geralmente, busca-se reduzir o percentual de gordura e aumentar o percentual de carne na carcaça em suínos em terminação (Viola et al., 1998), enquanto que na avicultura, reduzir a gordura abdominal e total da carcaça das aves de postura (Albanez, 1995; Zhan et al, 2007), bem como diminuir problemas relacionados à distúrbios metabólicos em aves de corte, como a síndrome da morte súbita (Gonzales, 1994; Gardiner et al., 1988; Mazzuco, et al., 1999) e síndrome ascítica (Arce et al., 1992; Robinson et al., 1992; Acar et al., 1995).

Quanto ao efeito sobre aspectos comportamentais, os manejos restritivos não determinam uma resposta padrão, em virtude dos diferentes protocolos, intensidades e ou frequências adotadas. Tucker et al. (2006) elucidaram um dos reflexos comportamentais desencadeados ao reportar que a restrição alimentar pode causar o desenvolvimento de hierarquias, em que os peixes dominantes possuem maior acesso ao alimento, o que aumenta a variação de peso dentro de um grupo de peixes ao longo do tempo.

De todo modo, os programas alimentares restritivos tem efeitos positivos sobre a produção de peixes, cabendo à cada setor produtivo determinar quais parâmetros são mais afetados, bem como a melhor estratégia para sua aplicação.

Além do desempenho animal e qualidade de carcaça, os programas restritivos têm implicação sobre o resultado econômico da atividade, no momento em que podem gerar redução no volume global de ração, bem como na intensidade de uso ou modo de alocação de outros insumos/recursos, estreitamente relacionados ao processo produtivo.

Em mercados sob concorrência perfeita onde há pouca diferenciação de produtos, a estratégia de redução de custos é uma das que alcança melhores resultados no tocante à elevação das margens de lucro do negócio.

A ração representa em torno de 50 a 70 % do custo total efetivo na produção de tilápias. Militão et al. (2007) descreveram que o custo operacional total para produção de tilápias em tanques-rede de 8 m³ na região de Ilha Solteira, Estado de São Paulo, foi de R\$ 2,30/kg, sendo a ração o item mais representativo (71 % do COT). No experimento realizado por Moraes (2008) no açude de Ayres de Souza, Estado do Ceará, o custo médio da produção da tilápia criada no sistema intensivo correspondeu a R\$ 2,20/kg e a ração teve uma participação média de 67,1 % no COT.

Em se tratando de sistemas semi-intensivos em viveiros escavados verifica-se modesta redução da participação da ração no custo total de produção. De todo modo, Andrade et al. (2005) destacaram que a ração é considerada o agente direcionador do custo variável de produção, representando, em média, 52,1 % do custo de produção da tilápia cultivada em viveiros escavados na região oeste do Estado do Paraná. Adicionalmente, Bolivar et al. (2006) constataram que no manejo alimentar normal (contínuo), a ração representou em torno de 73 % do custo total de produção de tilápias cultivadas sob sistema semi-intensivo em viveiros escavados.

Nesse sentido, a obtenção de melhor conversão alimentar, com menor oferta de ração, é relevante, ao se considerar o elevado custo do alimento para a produção animal (Van Ham et al., 2003). Nebo (2011) verificou que cinco e dez dias de restrição não afetou o desempenho, morfologia e crescimento muscular em juvenis de tilápia. Isso demonstra a importância da compreensão dos efeitos de estratégias alternativas de alimentação no crescimento muscular em peixes, para minimizar os custos de produção.

Os planos alimentares restritivos impactam diretamente os custos operacionais efetivos ao possibilitar redução expressiva no volume total de ração consumida, a cada ciclo produtivo. Em estudo com juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) sob esquema de seis dias de alimentação seguidos por um dia de restrição (6A/1R) e três dias de alimentação seguidos por um dia de restrição (3A/1R), Oda et al. (2004) observaram economia no volume de ração consumida em cerca de 25 %. O arraçamento em dias alternados possibilitou a economia de aproximadamente metade dos custos diretos com ração, sem redução significativa na sobrevivência, crescimento ou rendimento corporal de tilápia-do-nilo em viveiros de engorda fertilizados (Bolivar et al., 2003, Bolivar et al., 2006). Em estudo de Palma et al. (2010) concluiu-se que a adoção da estratégia baseada em cinco dias de alimentação seguidos por 2 dias de restrição alimentar (5A/2R) acarretou em redução na quantidade de ração ofertada da ordem de 22,5 %, com manutenção do peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico semelhantes ao do grupo continuamente alimentado.

Embora muitas vezes não reflita em benefício econômico direto ou monetário, o manejo alimentar restritivo possibilita a simplificação gerencial e operacional em pisciculturas comerciais. Sealey et al. (1998) comentaram que se o produtor é impossibilitado de alimentar os peixes por um curto período de tempo, devido a doenças ou condições adversas dos viveiros, ou mesmo em cultivo em tanques-rede, onde muitas vezes as estruturas podem ser de difícil acesso, um período de privação alimentar poderia ser utilizado, uma vez que para muitas espécies pode haver uma compensação do período de atraso de crescimento quando alimentados à saciedade após o término da privação.

Ao avaliarem o perfil do piscicultor vietnamita, Nunes & Madrid (2013) observaram que sejam atores privados ou públicos, todos buscam pela popularização e simplificação dos processos de criação de peixes marinhos, pautada por práticas pouco complexas, formação de

recursos humanos qualificados, contudo sem grandes investimentos em infraestrutura utilizando tecnologia social.

Não obstante, a restrição alimentar programada também pode facilitar a gestão de pessoal e de suprimentos no momento em que gera uso menos intensivo de mão de obra e de equipamentos/materiais.

Outra vertente não menos importante e que perpassa o fator econômico está relacionada à questão ambiental. Na visão de Souza et al. (2013), uma organização para ser sustentável deve buscar em todas as suas ações e decisões a ecoeficiência, procurando produzir mais e com melhor qualidade, gerando menos poluição e utilizando menos recursos naturais.

Boyd (1979) já alertava que viveiros que recebem aplicação de alimentos artificiais para peixes apresentam abundante crescimento de fitoplâncton devido aos 75 % de nutrientes oriundos desses alimentos que são excretados como produto do processo de metabolismo. Kubitzka (2012) ainda complementa que o peixe alimentado na saciedade acaba sendo mais seletivo na ingestão dos fragmentos (partículas) do alimento e tende a desperdiçar mais ração. Esse desperdício de ração ocorre mesmo que não sejam observadas sobras de ração após a alimentação.

Adicionalmente, Hashim (2005) informa que o excesso de nitrogênio nos efluentes da aquicultura pode acelerar a eutrofização da água e ter efeitos prejudiciais sobre a qualidade da mesma. Além disso, a má gestão do arraçoamento pode levar à descarga de alimento não ingerido no efluente, poluindo o ecossistema. Estratégias de alimentação eficazes são influenciadas pelo método de arraçoamento, taxas e frequência de alimentação, que assegurem que os insumos são suficientes em termos de qualidade e quantidade. De acordo com Camargo & Alonso (2006), a eutrofização dos corpos d'água pode causar efeitos ecológicos e toxicológicos que são direta ou indiretamente ligados à proliferação de produtores primários. Segundo esses autores, uma das manifestações da hipóxia em ecossistemas eutróficos é a grande mortandade de invertebrados e peixes.

Além dos efeitos sobre a fauna, flora e saúde humana, a deterioração da qualidade de água repercute negativamente sobre o próprio desempenho dos peixes e reduz a capacidade de suporte do ambiente de cultivo. Kubitzka (1999) ressalta que o aumento na incorporação de P, N e C (carbono), oriundos da degradação dos resíduos fecais e da excreção dos peixes, pode causar eutrofização das áreas de reservatórios sob a influência dos parques aquícolas e por esse motivo, a redução do impacto poluente dos alimentos permite aumentar a produção e a receita líquida obtida por área de cultivo.

2.2 Reflexos e adaptações morfofisiológicas em peixes submetidos à privação alimentar

Há uma estreita relação de interdependência entre a nutrição, o habitat e a organização do aparelho digestivo, a qual se manifesta especialmente por adaptações e modificações. Essas são variações morfológicas provocadas pela ação de fatores do ambiente sobre o organismo, podendo ser de caráter permanente, produzidas na evolução filogenética, como no caso das adaptações, ou de caráter temporário, produzidas no ciclo ontogenético do indivíduo (desenvolvimento do indivíduo desde a fecundação até a maturidade reprodutiva), chamadas de modificações. Portanto, a dieta é um dos principais fatores que confere aos órgãos do aparelho digestivo características funcionais, anatômicas e morfométricas próprias para cada regime alimentar (Rotta, 2003).

Na avicultura, autores como Palo et al. (1995) reconheceram que o fenômeno da compensação de peso em frangos de corte é complexo e multifatorial, uma vez que interagem aspectos fisiológicos, nutricionais, metabólicos e endócrinos. Nesse sentido vários estudos descreveram as adaptações fisiológicas que ocorrem nas aves durante o período de restrição alimentar e, posteriormente, no período de realimentação. Entre elas está o maior peso relativo de órgãos do trato gastrointestinal durante a realimentação (Susbilla et al., 1994), as alterações na funcionalidade da enzimas digestivas (Palo et al., 1995a), a alteração na morfologia dos enterócitos (Silva et al., 2007) e inclusive, a expressão dos transportadores de nutrientes na superfície dos enterócitos (Gilbert et al., 2008). Alguns autores ainda citam alterações adaptativas da ave após o período de realimentação, como hiperfagia e aumento na digestibilidade aparente dos nutrientes (Fassbinder-Orth & Karasov, 2006) (citados por Figueiredo et al., 2011).

Pesquisadores buscam compreender melhor a dinâmica metabólica de animais de produção sob condições de privação alimentar programada e para tal, alguns têm identificado as reações do organismo quanto a sua semelhança e ou local de ação. De acordo com Wieser et al. (1992), quatro fases fisiológicas ocorrem durante o período de privação alimentar. A primeira é a fase de estresse, caracterizada pela hiperatividade do animal em busca de alimento. A segunda é a fase de transição, onde há uma redução da taxa respiratória e atividades glicolíticas e glicogênicas nos músculos envolvidos na natação. A terceira fase é a de adaptação, com estabilização da taxa metabólica a níveis inferiores. Se a privação continua, ocorre aumento na substituição de lipídio por proteína como fonte de energia. A fase final é a recuperação, marcada por rápido aumento nas taxas de crescimento e consumo de oxigênio.

O fato de ser um dos grupos de vertebrados com maior diversidade de espécies faz com quem os peixes apresentem estruturas e habilidades peculiares quando comparado a outros grupos animais. Adicionalmente, Del Carratore et al. (2000) explicaram que peixes onívoros e herbívoros apresentam a capacidade de alterar a estrutura e as propriedades absorptivas do seu sistema digestivo em resposta a mudanças da dieta, evento este reconhecido pelo termo “plasticidade trófica”.

Nesse sentido, algumas espécies de peixes exibem órgãos digestivos acessórios que auxiliam na apreensão, armazenamento e ou absorção de nutrientes dos alimentos ingeridos. Silveira et al. (2009) comentaram que os cecos pilóricos apresentam características histológicas e histoquímica semelhantes às do intestino adjacente, sugerindo que os mesmos servem para aumentar a superfície intestinal sem aumentar o comprimento do intestino.

Vários fatores podem ser responsáveis pela alteração da estrutura e função de órgãos e tecidos. Elementos estruturais (ácidos graxos e ou aminoácidos) podem ser limitantes após períodos extensos de privação alimentar (Kultz & Jurss, 1991).

Enquanto a redução da massa de órgãos digestivos pode sinalizar processos de catabolismo de estoques energéticos contidos nos mesmos ou de sua própria estrutura, verificam-se também situações em que o órgão do animal sob determinado tipo de privação alimentar aumenta de tamanho, sugerindo ser essa uma estratégia para aumentar o tempo de permanência do alimento no trato digestivo e ou melhoria na sua eficiência absorptiva. Tengjaroenkul (2000) explicita que o aumento do tempo de retenção do alimento e a oportunidade para a ação enzimática contínua permitem que o peixe tenha sucesso em absorver energia suficiente a partir de uma dieta composta predominantemente por ingredientes de origem vegetal. Bélanger et al. (2002) observaram que bacalhaus (*Gadus morhua*) submetidos a dois períodos de privação alimentar (5 e 10 semanas) e realimentados por 24 dias apresentaram massa relativa do ceco pilórico ($2,21 \pm 0,49$ % vs. $1,78 \pm 0,31$ %) e intestino ($0,95 \pm 0,20$ % vs. $0,77 \pm 0,15$ %) maior que a do grupo controle, sugerindo que o tamanho desses órgãos digestivos podem ter correlação com a capacidade de crescimento compensatório.

Os enterócitos (células que revestem as paredes do intestino) possuem pequenas pregas em sua membrana apical, as microvilosidades, formando a chamada "borda em escova" que mantém contato com o lúmen intestinal e têm por finalidade aumentar a área de absorção dos nutrientes. O comprimento dessas microvilosidades também pode ser alterado conforme o estado nutricional do peixe, diminuindo nas situações de jejum prolongado (Rotta, 2003).

Quando a privação alimentar é muito severa o peixe sofre danos no organismo, que mesmo sendo restauráveis, comprometem o resultado econômico da piscicultura na maioria das vezes. Souza (1998) documenta que nos hepatócitos, o efeito deletério do jejum pode ser notado por meio da diminuição da área e volume celular, aparecimento de uma cadeia de fibras colágenas, acúmulo de partículas contendo ferro, mudanças no posicionamento e forma do núcleo, espaços intercelulares reduzidos e desaparecimento da organização celular. Além disso, o citoplasma apresenta baixa afinidade tintorial, o núcleo mostra uma coloração mais escura e há diminuição nos estoques de glicogênio e lipídio. Rios et al. (2005) relataram que em curimatá (*Prochilodus spp.*) submetido a jejum superior a 35 dias houve perda de eritrócitos circulantes com redução do volume nos remanescentes, queda do hematócrito e da concentração de hemoglobina, sugerindo prejuízo na função hematopoiética.

Outros reflexos da restrição alimentar podem ser observados também sobre o desenvolvimento muscular dos peixes e no processo de expressão de genes. Forgati (2011) reporta que o jejum provoca alterações nas fibras musculares, promovendo alteração nas células da musculatura da carpa, redução na espessura das fibras e redução da densidade das fibras menores, provavelmente degradadas durante a privação para a manutenção do animal. Fox et al. (2009) observaram que perda de peso e redução da taxa de crescimento específico em tilápias (*Oreochromis niloticus*) com apenas uma semana de jejum, com sinérgica redução dos níveis plasmáticos e de expressão de mRNA de fator de crescimento semelhante a insulina (IGF-1), aumento de expressão de mRNA de receptor do hormônio do crescimento (GHR) e receptor de somatolactina (SL-R) no músculo. Já Sinha et al. (2012) comentaram que a privação alimentar em carpas (*Cyprinus carpio*) alterou o padrão de expressão de mRNA de genes relacionados ao crescimento, tais como o hormônio do crescimento (GH), fator de crescimento semelhante a insulina (IGF-1) e receptor do hormônio do crescimento (GHR), além de genes representativos de estresse, citocromo oxidase subunidade 1 (COX 1) e proteína de choque térmico 70 (HSP70).

Em outros grupos animais já existem indicações de que a restrição alimentar tem grande alcance no que diz respeito à sua influência nos aspectos morfofisiológicos. Gilbert et al. (2008) observaram que em resposta à restrição alimentar a expressão dos transportadores de peptídeos e de aminoácidos aumentou aos sete dias de idade, indicando que a restrição alimentar pode modular a expressão gênica de proteínas relacionadas à absorção de nutrientes da superfície intestinal em aves.

2.3 Metabolismo energético em peixes submetidos à programas de restrição alimentar

As respostas metabólicas às oscilações na disponibilidade de alimento variam dependendo de vários fatores, tais como a espécie, a idade e o tamanho dos peixes (Shimeno et al., 1990; Méndez & Wieser, 1993). Os peixes têm desenvolvido estratégias para lidar com períodos de privação alimentar (Sheridan & Mommsen, 1991) e a mobilização de reservas energéticas habilita-os no atendimento do aumento das demandas de energia, associado às condições de estresse e jejum (Gamperl et al., 1994).

Diferentes espécies de peixes exibem distintas estratégias para lidar com os períodos de privação alimentar e jejum, inclusive variando o uso de carboidratos, lipídios e proteínas de diferentes compartimentos corporais (Bandein and Leatherland, 1997). Os substratos de energia primária utilizados pela truta são o glicogênio e gordura perivisceral, sendo o glicogênio hepático e muscular consumido durante os primeiros 30 dias, com mobilização de proteínas, de lipídios hepáticos e gordura perivisceral a partir dos 60 dias de jejum. Em curimatá (*Prochilodus spp.*), as primeiras reservas a serem utilizadas são o glicogênio hepático (sete dias de jejum) seguidas dos lipídios do tecido adiposo perivisceral (14 dias de jejum), sendo o glicogênio utilizado novamente apenas após o esgotamento das reservas do tecido adiposo (Rios et al., 2005; 2006).

Nesse sentido, as consequências do jejum sobre o metabolismo são mais pronunciadas em larvas e estádios juvenis do que em peixes adultos devido, provavelmente, a existência de uma menor quantidade de reservas energéticas nessa fase (Richard et al., 1991).

De acordo com a duração do período de jejum existem dois estados fisiologicamente diferentes. O primeiro se relaciona com as fases iniciais do jejum (períodos menores que 7-10 dias) e se caracteriza pela mobilização rápida das reservas disponíveis. O segundo está vinculado a períodos crônicos de jejum, associado a um pronunciado catabolismo lipídico e protéico, assim como a perda de peso corporal (Farbridge & Leatherland, 1992).

Analogamente, Méndez & Wieser (1993) postularam para os peixes em jejum um modelo metabólico muscular caracterizado por um rápido consumo das reservas de glicogênio durante os primeiros dias, seguido por uma transição para a utilização de lipídios endógenos e em períodos prolongados de jejum, a degradação de proteínas como principal fonte de energia.

Por isso, a duração dos períodos de jejum e realimentação constitui-se como fator relevante na determinação da dinâmica de adaptação, visto que pode condicionar a priorização de uma ou outra via metabólica (Vigliano et al., 2002). Méndez & Wieser (1993) reportam que à medida que se aumenta a duração do período de jejum, a recuperação dos níveis de glicogênio muscular na realimentação é mais rápida e de maior intensidade.

Assim, durante os primeiros dias de jejum há uma mobilização de glicogênio em todos os órgãos, enquanto que à medida que se aumenta o período de jejum se utilizam tanto lipídios e proteínas como substratos energéticos por meio de rotas metabólicas intermediárias como a cetogênese e a gliconeogênese (Vigliano et al., 2002).

Por outro lado há também efeitos favoráveis do crescimento compensatório em alguns casos. Ryan (1990) cita que em animais com a alimentação restrita, a exigência da energia de manutenção pode regular a taxa metabólica basal, que, por sua vez, induzirá um decréscimo na exigência de manutenção corporal.

2.4 Gestão por resultados na aquicultura

Na busca por posicionamento no mercado, a competitividade é compreendida como a capacidade de criar, manter e sustentar uma vantagem competitiva, e, desta forma, garantir um desempenho superior; para isso é necessária a adoção de um conjunto de estratégias voltadas para níveis ótimos de eficiência e desempenho. Ações voltadas para manter a eficiência podem ser obtidas via estratégias de preço, tecnologia, produtividade e qualidade (Melo, 2008).

Uma empresa ganha vantagem competitiva quando executa as atividades estrategicamente mais importantes de uma forma mais barata ou melhor do que a concorrência (Ferreira, 2002). Nesse sentido, a forma de executar as atividades passa a ser o diferencial da empresa, ou seja, aquela empresa que melhor gerenciar as informações e recursos disponíveis terá melhores condições de obter altos ganhos por mais tempo.

Entretanto, é preciso reconhecer que muito pouco tem sido feito em termos de desenvolvimento de técnicas de gestão que contemplem as particularidades da agricultura familiar e as formas pelas quais ela pode inserir-se de forma competitiva e sustentada no agronegócio mundial (Batalha et al., 2005).

A produção comercial de peixes via aquicultura se enquadra, geralmente, no mercado de concorrência perfeita, visto que é um segmento onde há maior número de terminadores, o produto é homogêneo e o preço é determinado pelo comprador (ex. frigorífico).

Adicionalmente, Melo (2008) comenta que pelo fato dos produtos serem homogêneos, a margem é fortemente condicionada pela estrutura de custos de produção e, neste sentido, o insumo que mais tem capacidade de diminuir os custos de produção na piscicultura é a ração melhorada. Isso se dá pela participação da ração nos custos do piscicultor.

O uso de práticas mais eficientes, bem como novas tecnologias, além de aumentar a diferenciação, diminui também os custos gerais. Uma empresa que busque uma liderança no custo deve dispor de sistemas de controle rígidos, de poucas despesas indiretas, da busca de economia de escala e dedicação à curva da aprendizagem (Baumeier, 2002). Diehl (2004) afirma que a efetiva gestão de custos deve ser realizada sobre as causas dos custos, sem o que as ações gerenciais estarão sendo tomadas sobre os efeitos, não impedindo recorrências.

Entretanto, com raras exceções, a incorporação de práticas gerenciais e a plena integração da produção rural às necessidades do processo de transformação industrial ou de distribuição estão longe de serem usuais. Noções como planejamento e controle da produção, gestão da qualidade e redução de desperdícios, logística, desenvolvimento de embalagens adequadas e outras técnicas são em geral ainda vistas de forma limitada e preconceituosa em relação a sua importância frente às atividades de produção propriamente ditas (Batalha et al., 2005).

Confirmando o enunciado acima, estudos como o de Melo (2008) verificaram que o entendimento do objetivo de negócio como sendo o retorno sobre o investimento e valor econômico agregado, que oferecem medidas globais de resultado do sucesso das estratégias financeiras destinadas a aumentar a receita, reduzir custos e aumentar a utilização do ativo, não são conhecidos ou não são considerados pela maioria dos piscicultores avaliados.

Não obstante, ainda são poucos trabalhos que analisam a viabilidade econômica dos empreendimentos piscícolas. Vários estudos ressaltam a importância de avaliações periódicas, visando identificar os pontos críticos e apontar mecanismos para o aprimoramento do sistema de produção com o objetivo de minimizar custos e otimizar resultados (Furlaneto, 2008).

2.5 Preceitos para o desenvolvimento sustentável na piscicultura

Qualquer que seja o modelo de produção adotado, a visão empresarial, o estudo de mercado a que se destina o peixe (pesca esportiva, supermercados e feiras), a orientação técnica, a legalização da atividade nos órgãos ambientais e a produção sustentável, são ações indispensáveis à consolidação do setor piscícola (Melo, 2008). Callenbach (1993) afirma que, por meio da sustentabilidade ambiental, as organizações podem garantir sua rentabilidade de longo prazo e utilizá-la como critério para posicionamento estratégico.

Para se efetivarem, as políticas e práticas de sustentabilidade empresarial devem, necessariamente, atender simultaneamente aos critérios de relevância social, prudência ecológica e eficiência econômica. Isso deve estar refletido em estratégias e práticas éticas e sustentáveis de ecoeficiência e responsabilidade social que por sua vez, podem gerar uma série de vantagens competitivas para as empresas como melhor imagem, reputação, relacionamento, vendas, produtividade dos funcionários e lucro (Zambon & Ricco, 2010).

Um importante pilar dos negócios sustentáveis é a ecoeficiência. A ecoeficiência atinge-se através da oferta de bens e serviços a preços competitivos, que, por um lado, satisfaçam as necessidades humanas e contribuam para a qualidade de vida e, por outro, reduzam progressivamente o impacto ecológico e a intensidade de utilização de recursos ao longo do ciclo de vida, até atingirem um nível que, pelo menos, respeite a capacidade de sustentação estimada para o planeta Terra (WBCSD, 2014). Por isso, Zambon & Ricco (2010) a consideram como uma forma atual e substancialmente mais pragmática de efetivar a sustentabilidade empresarial.

No campo da eficiência econômica a “*produção mais limpa*” é tida como a aplicação contínua de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, pela não geração, minimização ou reciclagem de resíduos e emissões, com benefícios ambientais, de saúde ocupacional e econômicos (CEBDS, 2014).

Nesse sentido, a eficiência no uso dos recursos é cada vez mais uma pré-condição necessária para a sustentabilidade dos agricultores, familiares ou não. Entretanto, para sua plena efetivação é necessário um enorme esforço de pesquisa e capacitação dos agricultores familiares em gestão (Batalha et al., 2005).

Baseando-se em outro preceito, ser socialmente responsável considera a premissa de que o crescimento econômico – representado na geração de riquezas – é uma contribuição aquém daquilo que as empresas devem oferecer a nossa sociedade (Zambon & Ricco, 2010).

As novas formas de administrar e a mudança na filosofia das empresas estão provocando um excesso brutal de pressão decorrente do alto nível de exigência quanto ao cumprimento de metas, à qualificação, ao ritmo de trabalho e número excessivo de horas-extras, entre outros feitos (Canete, 2001). Entretanto, segundo Ilda (2000), com o progresso tecnológico e o aumento da produtividade, há uma tendência histórica de se reduzir a jornada de trabalho.

A responsabilidade social procura dar a empresa um caráter mais humano e altruísta, que tenha interesses maiores (Alessio, 2008). Pequenas ações na gestão de recursos humanos podem refletir em altos ganhos para empregados e empregadores. Analistas em recursos humanos afirmam que o descanso nos finais de semana além de eliminar a fadiga e o desgaste físico e mental, proporcionam ao trabalhador melhor qualidade de vida em virtude à oportunidade de maior convívio familiar, social, religioso e prática de esportes.

Conforme Elkington (1994) uma empresa sustentável é aquela que contribui para o desenvolvimento sustentável, ao gerar, simultaneamente, benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Tem-se verificado aumento expressivo no número de empresas orientadas para o desenvolvimento rural sustentável. Carvalho & Barbieri (2009) avaliaram uma empresa que produz alimentos orgânicos de modo rentável usando processos agrícolas e industriais alinhados ao desenvolvimento sustentável. A alta produtividade da referida empresa foi obtida por meio de investimentos na inovação de produtos, processos e na gestão. Ainda, destaca-se a geração de outros benefícios como o aumento da biodiversidade, redução de emissão de gases e do uso de fertilizantes minerais, como também, no campo social, possibilitou melhoria da qualidade de vida dos trabalhadores e habitantes do entorno.

De forma similar, a adoção de tecnologias adaptadas às condições locais é primordial para a sustentabilidade econômica e ambiental da atividade piscícola no decorrer dos anos (Furlaneto, 2009). O manejo alimentar ecológico-econômico (MAEE) na piscicultura possibilita a redução de desperdícios, minimização de cargas orgânicas sobre os mananciais hídricos, otimização no uso de recursos materiais (ração, equipamentos), energéticos (combustíveis, energia elétrica) e humanos (funcionário/colaborador), melhor qualidade de vida ao trabalhador por conceder folga nos finais de semana, bem como maior economicidade e lucratividade ao empreendimento.

Nesse sentido, a adoção de planos alimentares restritivos na piscicultura comercial pode conceder caráter sustentável aos empreendimentos aquícolas, pelo fato de possibilitar melhor atendimento aos três pilares do desenvolvimento sustentável, comparado ao modo tradicional de arraçoamento.

A contemplação harmonizada desses preceitos pode gerar uma nova postura empresarial ao empreendimento. Zambon & Ricco (2010) afirmaram que essa nova postura – voltada para a conservação dos ecossistemas requer empenho, inovação e, acima de tudo, mudança. É neste sentido que as empresas, independentemente de porte e ramo de atuação, precisam ousar e sair da sua zona de conforto, rever seus modelos de produção buscando outras maneiras de constituir e fazer negócios.

2.6 Referências Bibliográficas

ACAR, N., SIZEMORE, F.G., LEACH, G.R. et al. 1995. Growth of broiler chickens in response to feed restriction regimes to reduce ascites. *Poult. Sci.*, 74: 833-843.

ALBANEZ, J.R. Efeito da restrição alimentar sobre o desempenho produtivo e a composição da carcaça de frangos de corte. 1995. 85f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

ALESSIO, R. Responsabilidade social das empresas no Brasil: reprodução de postura ou novos rumos? Porto Alegre: EDIPUCRS, 2008.

ALMEIDA, F. O bom negócio da sustentabilidade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2002.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA PESCA E AQUICULTURA. Brasília: ACEB, n.1, 2014. 133 p.

ARCE, J.; BERGER, M.; COELLO, C. L. Control of ascites syndrome by restriction techniques. *J. Appl. Poult. Res.*, v.1, p. 1 - 5, 1993.

BANDEEN, A.; LEATHERLAND, J.F. Transportation and handling stress of white suckers raised in cages. *Aquaculture International* 5 385–396, 1997.

BATALHA, M. O.; BUAINAIN, A. M.; SOUZA FILHO, H. M. de. Tecnologia de gestão e agricultura familiar. *Gestão Integrada da Agricultura Familiar*. EDUFSCAR: São Carlos, p. 43-66, 2005. Disponível em: <<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/241/Tecnologia%20de%20Gest%C3%A3o%20e%20Agricultura%20Familiar.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2014.

BAUMEIER, A. Fatores de vantagem competitiva em sistemas de distribuição varejista com foco em redes de cooperativas e franchising: um estudo exploratório. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). UFSC: Florianópolis.

BÉLANGER, F.; BLIER, P. U.; DUTIL, J. D. Digestive capacity and compensatory growth in Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Fish Physiol. and Biochem.*, Netherlands, v. 58, p. 1531-1544, 2002.

BOYD, C.E., (1990). *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Birmingham Publishing Company, Birmingham, Alabama.

BOLIVAR, R.B.; JIMENEZ, E.T.; BROWN, C.L. (2003). Tilapia feeding strategies in semi-intensive pond culture: the PD/A CRSP on-farm trials. Paper presented at the 2nd Tilapia Congress. Bulwagan Arayat, Wow Philippines Hilaga, City of San Fernando, Pampanga. 13-14 November, 2003, 13 pp.

BOLIVAR, R.B.; JIMENEZ, E.B.J.; BROWN, C.L. (2006). Alternate day feeding strategy for Nile tilapia grow out in the Philippines: Marginal cost-revenue analysis. *North American Journal of Aquaculture*, 68: 192-197.

CALLENBACH, E., et al. Gerenciamento Ecológico – Eco-Management – Guia do Instituto Elmwood de Auditoria Ecológica e Negócios Sustentáveis. São Paulo: Ed. Cultrix, 1993.

CAÑETE, I. Humanização: desafio da Empresa Moderna. 2 ed. São Paulo: Ícone, 2001.

CAMARGO, J.A.; ALONSO, A. (2006). Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment. *Environ. Int.* 32:831–849.

CARVALHO, A. P; BARBIERI, J. C. Inovação para a sustentabilidade: ultrapassando a produtividade do sistema convencional no setor sucroalcooleiro. In: SEMINÁRIO LATINO-IBEROAMERICANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA, 8, 2009, Colômbia: ALTEC, 2009.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (CEBDS). Disponível em <http://www.cebds.org.br>. Acesso em 25 jun.2014.

DEL CARRATORE, C.R.; MACHADO, J.H.; VILEM, R. et al. Desempenho produtivo de juvenis de Pintado (*Pseudoplatystoma corruscans*), estocados em tanques-rede em diferentes densidades de estocagem. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10., 1998, Recife. Resumos... Recife: 1998. p.262.

DIEHL, A.A.; TATIM, D. C. Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

ELKINGTON, J. A teoria dos três pilares. Tradução de Patrícia Martins Ramalho. São Paulo: MARKRON Books, 2001.

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

FORGATI, M. Crescimento muscular compensatório e metabolismo energético de *Cyprinus carpio* realimentados após privação de alimento. 2011. 76 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular e Molecular) Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FOX, M.D.; ZHANG, D.; SNYDER, A.Z.; RAICHLE, M.E. The global signal and observed anticorrelated resting state brain networks. *J Neurophysiol* 2009;101:3270-83.

FURLANETO, F. P. B. Eficiência econômica e energética do bicultivo de peixes na região do Médio Paranapanema, Estado de São Paulo. 2008. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrônomicas) Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008.

FURLANETO, F.P.B.; ESPERANCINI, M.S.T.; BUENO, O.C.; AYROZA, L.M.S. Eficiência econômica do bicultivo de peixes em viveiros escavados na região paulista do Médio Paranapanema. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 35(2). Pag.191-199, 2009.

GAMPERL, A. K.; VIJAYAN, M. M. AND BOUTILIER, R. G. (1994). Experimental control of stress hormone levels in fishes: techniques and applications. Rev. Fish Biol. Fish. 4, 215–255.

GARDINER, E.E.; HUNT, J.R.; NEWBERRY, R.C. Relationships between age, body weight and season of the year and the incidence of sudden death syndrome in male broiler chickens. Poultry Science 1988; 67: 1243-1249.

GILBERT, ER; LI, H.; EMMERSON, DA; WEBB JR, KE; WON, EA. Dietary Protein Quality and Feed Restriction Influence Abundance of Nutrient Transporter mRNA in the Small Intestine of Broiler Chicks. J. Nutr. 138: 262–271, 2008.

GILBERT, E.R.; LI, H.; ERNMERSON, D.A. et al. (2007) Developmental regulation of nutrient transporter and enzyme mRNA abundance in the small intestine of broilers. Poult Sci 86,1739-1753.

GONZALES E. Síndrome da morte súbita em frangos de corte: papel da nutrição e programas de alimentação. In: Conferência APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. 1994; Santos, São Paulo. p. 249-263.

GONZALES, E., JUNQUEIRA, O.M., MACARI, M. et al. Restrição alimentar em frangos de corte machos. 1. Desempenho e resultado econômico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, 1994, Maringá, PR. Anais... Maringá: SBZ, p. 49, 1994.

HASHIM, R. (2005). Sustaining Aquaculture Development: The Feeds and Feeding Connection. Paper Presented at SUSTAIN FISH 2005. Cochin, India. 16 – 18 March.

ILDA, I. Ergonomia – projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

KUBITZA, F. Qualidade da água na produção de peixes. 3.ed. Jundiaí, Divisão de Biblioteca e Documentação – Campus “Luiz de Queiroz”/USP, 1999.

KUBITZA, F. Nutrição e alimentação dos peixes cultivados. 3.ed. Jundiaí: F. KUBITZA, 1999a. 123p.

KUBITZA, F. Ajustes na nutrição e alimentação das tilápias. Panorama da Aquicultura, novembro/dezembro, 2006.

KUBITZA, F. Tambaqui, alimentando com eficiência para reduzir custos. Panorama da Aquicultura, Tocantins, n. 129, v. 22, p. 1-7, jan./fev. 2012.

KULTZ, D. AND JURSS, K.. Acclimation of chloride cells and Na/K-ATPase to energy deficiency in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). Zool. Jb. Physiol. 95, 39–50, 1991.

MILITÃO, E. S. et al. Custo de produção de tilápia (*Oreochromis spp.*) em tanques-rede em Ilha Solteira, Estado de São Paulo. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 45., Londrina. Anais... Londrina: UEL, 2007. 1 CD-ROM.

MAZZUCO, H.; JAENISCH, F.R.; GUIDONI, A.L. Efeito da restrição alimentar qualitativa no desempenho, na incidência de distúrbios metabólicos e no rendimento de carcaça em frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v.28, n.6, p. 1333-1339, 1999.

MELO, A. X. Comportamento Estratégico dos Agentes da Cadeia Produtiva do Peixe na Região de Dourados. 2008. Dissertação (Mestrado). UFMS; Mato Grosso do Sul - Campo Grande, 2008.

MÉNDEZ, G.; W. WIESER. 1993. Metabolic responses to food deprivation and refeeding in juveniles of *Rutilus rutilus* (Teleostei: Cyprinidae). Environ. Biol. Fishes. 36(1):73-81.

NEBO, C. Expressão de genes relacionados ao crescimento muscular durante a restrição alimentar e realimentação em juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, linhagem chitralada. 2011. 94p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

NUNES, A.J.P.; MADRID, R.M. Desmistificando a piscicultura marinha: A experiência do Vietnã. Panorama da Aquicultura, março/abril, 2013.

ODA, G.M. et al. Desempenho produtivo de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), submetidos a diferentes estratégias de alimentação. In: AQUACIÊNCIA 2004 - CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE AQUICULTURA E BIOLOGIA AQUÁTICA, 2004, Vitória, ES. Anais... Vitória: Aquabio, 2004. p.93.

PALMA, E.H.; TAKAHASHI, L.S.; DIAS, L.T.S.; GIMBO, R.Y.; KOJIMA, J.T.; NICODEMO, D. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-Nilo da linhagem GIFT. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.2, p.421-426, 2010.

PALO, PE; SELL, JL; PIQUER, FJ; VILASECA, L; SOTO-SALANOVA, MF. Effect of early nutrient restriction on broiler chickens. Performance and digestive enzyme activities. *Poult Sci.* 74(9):1470-83, 1995a.

RICHARD P, BERGERON J, BOULHIC M, GALIOS R, PERSON-LE RUYET J (1991) Effect of starvation on RNA, DNA and protein content of laboratory-reared larvae and juveniles of *Solea solea*. *Mar Ecol Prog Ser* 72: 69-77.

RICHARD P, BERGERON J, BOULHIC M, GALIOS R, PERSON-LE RUYET J. Effect of starvation on RNA, DNA and protein content of laboratory-reared larvae and juveniles of *Solea solea*. *Mar Ecol Prog Ser* 72: 69-77, 1991.

RIOS, F.S.; OBA, E.T.; FERNANDES, M.N.; KALININ, A.L.; RANTIN, F.T. (2005). Erythrocyte senescence and haematological changes induced by starvation in the neotropical fish traíra, *Hoplias malabaricus* (Characiformes, Erythrinidae). *Comp Biochem Physiol* 140A:281–287.

RIOS, F.S.; MORAES, G.; OBA, E.T.; FERNANDES, M.N.; DONATTI, L.; KALININ, A.L.; RANTIN, F.T. 2006. Mobilization and recovery of energy stores in traíra, *Hoplias malabaricus* Bloch (Teleostei, Erythrinidae) during long-term starvation and after re-feeding. *J. Comp. Physiol. B* 176(7): 721-728.

RYAN, J. Compensatory growth in cattle and sheep. *Nutritional Abstract Review, Series B* 60, p.653-664, 1990.

ROBINSON, F.E, CLASSEN, H.L., HANSON, J.A. et al. Growth performance, feed efficiency and the incidence of skeletal and metabolic disease in full-fed and feed restricted broilers and roaster chickens. *J. Appl. Poultry Res.*, v. 1. p.33-41, 1992.

ROSA, P.S. Desempenho e qualidade de carcaça de frangos de corte submetidos a diferentes programas de restrição alimentar. Viçosa, MG: UFV, 1995. 86p Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

ROTTA, M.A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 49 p.il. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 53.

SEALEY, W.M.; DAVIS, J.T.; GATLIN III, D.M. Restricted feeding regimes increase production efficiency in channel catfish. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center, 1998. 5p. (SRAC Publication, 189).

- SHERIDAN, M.A., MOMMSEN, T.P. Effects of nutritional state on in vivo lipid and carbohydrate metabolism of coho salmon, *Oncorhynchus kisutch*. Gen. Comp. Endocrinol., v. 81, p. 473-483, 1991.
- SHIMENO, S., KHEYYALI, D., TAKEDA, M. Metabolic adaptation to prolonged starvation in carp. Nippon Suisan Gakkaishi, v. 56, n. 1, p. 35-41, 1990.
- SILVEIRA, U. S; LOGATO, P. V. R; PONTES, E. C.; Fatores estressantes em peixes. Revista Eletrônica Nutritime, v. 6, n. 4, p. 1001-1017, Julho/Agosto, 2009.
- SOENGAS, J.L., STRONG, E.F., FUENTES, J., VEIRA, J.A.R., ANDRÉS, M.D. Food deprivation and refeeding in Atlantic salmon, *Salmo salar*: effects on brain and liver carbohydrate and ketone bodies metabolism. Fish Physiol. Biochem., v. 15, n. 6, p. 491- 511, 1996.
- SOENGAS, J.L.; E.F. STRONG & M.D. ANDRÉS. 1998. Glucose, lactate, and β -Hydroxybutyrate utilization by rainbow trout brain: changes during food deprivation. Physiol. Zool. 71(3):285-293.
- SUNDBY, A., HEMRE, G.-I., BORREBAEK, B., CHRISTOPHERSEN, B., BLOM, A.K. Insulin and glucagon family peptides in relation to activities of hepatic hexokinase and other enzymes in fed and starved atlantic salmon (*Salmo salar*) and cod (*Gadus morhua*). Comp. Biochem. Physiol., v. 100B, n. 3, p. 467-470, 1991.
- SUSBILLA, J.P., FRANKEL, T.L., PARKINSON, G. et al. Weight of internal organs and carcasses yield of early food restricted broilers. Br. Poult. Sci., v.35, p.677-685, 1994.
- SUN ET, A.L.; SUN, C.; ZHANG, F.; GE, X.; YAN, T.; CHEN, X., SHI, X., ZHAI, Q. SIRT1 improves insulin sensitivity under insulin-resistant conditions by repressing PTP1B Cell Metab., 6 (2007), pp. 307–319.
- TENGJAROENKUL, B., SMITH B.J., CACECI, T. et al. 2000. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture, 182:317-327.
- TIAN, X. & QIN, J.G. (2004) Effects of previous ration restriction on compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. Aquaculture 235, 273-283.
- TUCKER, B.J.; BOOTH, M.A.; ALLAN, G.L.; BOOTH, D.; FIELDER, D.S. Effects of photoperiod and feeding frequency on performance of newly weaned Australian snapper, *Pagrus auratus*. Aquaculture. 2006; 258:514–520.
- VIGLIANO, F.A., QUIROGA, M.I., NIETO, J.M., 2002. Metabolic adaptation to food deprivation and refeeding in fish. Revista Ictiología 10, 79-108.

VAN HAM, EH, BERNTSSEN MHG, IMSLAND AK, PARPOURA AC, WENDERLAAR BSE, STEFANSSON SO. The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrition retention of juvenile turbot (*Scoththalmus maximus*) Aquaculture. 2003; 217:547–558.

VIOLA, E.S.V.; CAZARRÉ, M.M.; DORNELES, R.A. et al. Efeito da restrição alimentar sobre o peso de órgãos e gordura da carcaça de camundongos (*Mus musculus*) em crescimento. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 33., 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: SBZ, 1998. p.244-247.

VERA-CALDERÓN, L. E. Avaliação econômica da criação de tilápias (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede: estudo de casos. 2003. Tese (Mestrado) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). Disponível em: <http://www.wbcsd.org>. Acesso em: 02 de abril de 2014.

WIESER, W., KRUMSCHNABEL, G., OJWANG-OKWOR, J.P. The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. Env. Biol. Fishes, v. 33, p. 63-71, 1992.

ZAMBON, B.P.; RICCO, A.S. Sustentabilidade empresarial: uma oportunidade para novos negócios. CRA/ES, 2010. Disponível em: <<http://www.craes.org.br/interna/artigos/Tecnicos.php>>. Acesso em: 27 jun. 2014.

ZHANG W.; RICKETTS T.H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S.M. Ecosystem services and dis-services to agriculture. Ecol. Econ. 64,253–260, 2007.

ZHONG, C.; NAKAUE, H.S.; HU, C.Y.; MIROSH, L.W. Effect of full feed and early feed restriction on broiler performance, abdominal fat level, cellularity and fat metabolism in broiler chickens. Poultry Science, Champaign, v.74, p.1636-1643, 1995.

ZUBAIR, A.K.; LEESON, S. Effect of varying period of early nutrient restriction on growth compensation and carcass characteristics of male broilers. Poultry Science, Champaign, v.73, p.129-136, 1994.

3. CAPÍTULO II - EFEITO DA RESTRIÇÃO ALIMENTAR PROGRAMADA NO CULTIVO DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM VIVEIROS ESCAVADOS.

Resumo

A adoção de estratégias de alimentação com restrição quantitativa e realimentação à saciedade aparente para peixes pode induzir à ocorrência de ganho compensatório e ou redução na quantidade de ração consumida. Nesse sentido, juvenis de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) (100 ± 2 g) foram submetidos a diferentes estratégias de alimentação em viveiros escavados, com a presença de alimento vivo. Foram testadas quatro estratégias alimentares em ciclos semanais subsequentes: VT1 - alimentação contínua; VT2 - um dia de restrição na semana; VT3 - dois dias consecutivos de restrição na semana e VT4 - três dias consecutivos de restrição na semana. Foram avaliados o desempenho produtivo, o consumo de ração no período pós-restrição, os rendimentos de cortes comerciais, a composição centesimal e atividade de água na carcaça, os índices morfométricos de órgãos digestivos, a histologia do intestino, o metabolismo energético intermediário e os indicadores econômicos por meio de projeções e análises de rentabilidade. Ocorreu ingestão compensatória, fazendo com que apenas o grupo 4 consumisse menos ração comparado aos demais grupos testados. O peso médio final e ganho em biomassa do grupo controle foram maiores quando comparados aos grupos submetidos ao manejo restritivo. A conversão alimentar, qualidade de carcaça, rendimentos industriais, índices somáticos, morfometria de órgãos e altura de vilosidades intestinais não diferiram estatisticamente entre os grupos testados. O metabolismo energético intermediário indicou que não houve utilização intensa e ou duradoura dos estoques energéticos plasmáticos, evidenciando a capacidade da tilápia-do-nylo em manter estável os níveis de glicose, triglicérides, colesterol e proteínas totais sob essas formas e intensidades de restrição. Ao adotar o manejo alimentar referente ao tratamento 4 obteve-se redução de 10 % no volume total de ração consumida no período avaliado, em comparação ao controle. O tratamento 4 obteve 30 % a mais na produtividade da mão de obra quando comparado ao grupo controle. Ao deduzir a mão de obra exclusivamente empregada no arraçamento, verificou-se incrementos de até 30 % na margem bruta relativa para piscicultura de grande porte (50 ha). A dedução de mão de obra em turnos integrais (8 h) possibilitou aumentos de 6 % a 14 % na margem bruta relativa para piscicultura de pequeno porte (1 ha), quando se aplicou respectivamente os tratamentos 3 e 4. Ao receber 10 % a menos no peso vivo do pescado, as margens brutas estimadas para os tratamentos 3 e 4 foram moderadamente superiores ao do grupo controle. Nessa condição, conforme a remuneração básica aumenta, todos os grupos pertencentes aos tratamentos restritivos apresentaram acréscimos gradativos e constantes na sua rentabilidade em relação ao grupo controle. O manejo alimentar restritivo aplicado sobre a forma de dias consecutivos em finais de semana pode ser recomendado como estratégia para redução de custos e maximização de lucro em diversos cenários de mercado.

Palavras-chave: manejo alimentar, restrição alimentar, qualidade de carcaça, rendimento de carcaça, rendimento operacional, eficiência econômica.

Abstract

The adoption of feeding strategies with quantitative restrictions and refeeding to apparent satiation for fish can induce the occurrence of compensatory growth and or reduction in the amount of feed consumed. In this sense, juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (100 ± 2 g) were submitted to different feeding strategies in ponds, with the presence of live food. Four food strategies were tested in subsequent weekly cycles: VT1 - continuous feed; VT2 - a restriction day a week; VT3 - two restriction consecutive days a week and VT4 - three restriction consecutive days a week. We evaluated the growth performance, feed intake in the post-restriction period, the yield of commercial cuts, the chemical composition and water activity in the carcass, the indices of digestive organs, bowel histology, energy metabolism and intermediate economic indicators by means of projections and profitability analyzes. Occurred compensatory intake, so that only the fourth group consumed less food compared to other test groups. The average final weight and gain in biomass of the control group were higher when compared to the groups submitted to restrictive management. The feed conversion, quality of carcass, industrial yield, somatic index, organs morphometry and intestinal villi height did not differ significantly among the tested groups. The intermediate energy metabolism indicated that there was no intensive use and long lasting or plasma energy stocks, showing the ability of Nile tilapia to maintain stable glucose levels, triglycerides, cholesterol and total protein in these forms and restriction intensities. By adopting dietary practices related to the treatment 4 obtained a reduction of 10 % in total volume of feed consumed during this period, compared to the control. The 4 treatment got 30 % more in labor productivity compared to the control group. As deducing the labor exclusively used in feeding, there was an increase of 30 % in gross margin relative to large fish farm (50 ha). The labor deduction in full shift (8 h) allowed increases of 6 % to 14 % in gross margin relative to small fish farm (1 ha) when applied treatments 3 and 4, respectively. When receiving 10 % less by live weight of the fish, the estimated gross margins for treatments 3 and 4 were moderately higher than the control group. In this condition, as the basic pay increases, all the groups belonging to the restrictive treatments showed gradual and constant increases in profitability, compared to the control group. The restrictive feeding management applied to the form of consecutive days on weekends can be recommended as a strategy for reducing costs and maximizing profit in various market scenarios.

Keywords: feed management, food restriction, carcass quality, carcass yield, operating income, economic efficiency.

3.1 Introdução

De acordo com dados do MPA (BRASIL, 2011), fica evidente o crescimento do setor de aquicultura no país, com um incremento de 72 % na produção durante o período de 2008 a 2011. A maior parcela da produção nacional é oriunda da aquicultura continental, na qual se destaca a piscicultura, que representou 86,6 % da produção total.

A ração representa em torno de 50 % a 70 % do custo total efetivo na produção de tilápias. Em se tratando de sistemas semi-intensivos em viveiros escavados verifica-se modesta redução da participação da ração no custo total de produção.

De toda forma, Andrade et al. (2005) destacaram que a ração é considerada o agente direcionador do custo variável de produção, representando, em média, 52,1 % do custo de produção da tilápia cultivada em viveiros escavados na região oeste do Estado do Paraná. Bolívar et al. (2006) constataram que no manejo alimentar normal (contínuo), a ração representou em torno de 73 % do custo total de produção de tilápias cultivadas sob sistema semi-intensivo em viveiros escavados.

Em mercados sob concorrência perfeita onde há pouca diferenciação de produtos, a estratégia de redução de custos é uma das que alcança melhores resultados no tocante à elevação das margens de lucro do negócio. Nesse sentido, Van Ham et al. (2003) afirmaram que a obtenção de melhor conversão alimentar, com menor oferta de ração, é relevante, ao se considerar o elevado custo do alimento para a produção animal.

Na piscicultura, onde há adoção de sistemas intensivos com alta dependência de alimento artificial, o emprego de práticas de nutrição e de manejo alimentar são aprimorados continuamente para alcançar melhores taxas de eficiência alimentar e econômica, por meio de modelos sustentáveis de produção.

Dessa forma, os planos alimentares restritivos podem impactar diretamente os custos operacionais efetivos ao possibilitar redução expressiva no volume total de ração consumida, a cada ciclo produtivo.

Constata-se a existência de pouca informação na literatura sobre o efeito de manejos alimentares restritivos na rentabilidade de tilapiculturas, principalmente, ao deduzir dos custos operacionais a economia proporcionada com mão de obra empregada no arraçoamento.

Análises econômicas baseadas na otimização de insumos e mão de obra devem ser realizadas com maior critério e frequência, a fim de gerar informações importantes para o piscicultor e segmento produtivo, como um todo.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local e Infraestrutura

O experimento foi conduzido na Estação de Piscicultura da Fazenda Experimental de Leopoldina - EPAMIG (UREZM) (Figura 1), localizada no município de Leopoldina, região da Zona da Mata, Minas Gerais. As fases experimentais de campo ocorreram no período de novembro de 2012 a abril de 2013.



Figura 1. Estação de Piscicultura da Fazenda Experimental de Leopoldina – FELP/UREZM/EPAMIG.

A área total da Estação de Piscicultura da Fazenda Experimental de Leopoldina FELP/EPAMIG perfaz 7,0 hectares, sendo 3,9 ha de área alagada. A estrutura é composta por 11 tanques de alvenaria de 7 m², 12 tanques de 100 m² com paredes de cimento armado e fundo de terra, 24 viveiros de 540 m², 18 viveiros de 1200 m² e mais 5 viveiros de aproximadamente 500 m². O setor ainda possui um Laboratório de Recirculação composto por 27 caixas adaptadas de 1.000 litros, em fibra de vidro. Além das unidades de cultivo, o núcleo possui um prédio com dois escritórios, sala de reunião, dois sanitários, um Laboratório de Reprodução Induzida, um Laboratório de Limnologia básica e outros laboratórios e dependências auxiliares.

Visando a avaliação de estratégias de restrição alimentar para tilápias produzidas em sistema de viveiros foi executado um ensaio em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos (estratégias de restrição) e três repetições cada. Para tal foram utilizados 12 viveiros de 100 m² de área alagada e 1,0 m de profundidade, dotados de sistemas de adução e

drenagem de água e 1200 peixes juvenis de tilápia pesando em média $100 \pm 2,0$ g. Os peixes foram distribuídos aleatoriamente em 12 viveiros, desta forma cada viveiro com 100 peixes constituiu uma unidade experimental.

A figura 2 mostra o “layout” dos viveiros experimentais utilizados no presente trabalho.



Figura 2. Viveiros escavados experimentais utilizados no ensaio de manejo alimentar restritivo no cultivo de tilápias em sistema semi-intensivo.

Os viveiros foram inicialmente secos e expostos ao sol por um período de cinco dias. Em seguida foi realizada a calagem com calcário dolomítico na proporção de 100 g/m^2 . No dia seguinte à calagem, os viveiros foram abastecidos até o nível de 30 cm de lâmina de água, antes de serem completamente preenchidos.

3.2.2 Estratégias de restrição alimentar

Durante 154 dias, os peixes foram alimentados com uma ração comercial específica para tilápias de granulometria 2-4 e 4-6 mm, com 32 % de proteína bruta. As dietas experimentais foram ofertadas em duas refeições diárias (09h 00 min e 16h 00 min), de acordo com as seguintes estratégias de alimentação (tratamentos):

- Grupos controle: animais continuamente alimentados até a saciedade aparente, durante todo o período experimental;
- Restrição de um dia em ciclos de sete dias – seis dias de alimentação à vontade seguidos de um dia de restrição total;
- Restrição de dois dias em ciclos de sete dias – cinco dias de alimentação à vontade seguidos de dois dias consecutivos de restrição total;
- Restrição de três dias em ciclos de sete dias – quatro dias de alimentação à vontade seguidos de três dias consecutivos de restrição total.

A tabela 1 descreve sucintamente os tratamentos adotados no presente ensaio.

Tabela 1. Estratégias de restrição alimentar programada aplicadas aos lotes de tilápias cultivadas em viveiros.

Tratamento	Manejo alimentar	Dias da restrição	Nível de restrição planejado* (%)
1	Alimentação à saciedade aparente	-	0
2	1 dia de restrição (6:1)	Domingo	14,2
3	2 dias de restrição consecutivos (5:2)	Sábado + Domingo	28,6
4	3 dias de restrição consecutivos (4:3)	Sexta+Sábado+Domingo	42,8

*Entende-se por nível de restrição, como sendo a intensidade de restrição quantitativa de ração no período de uma semana (ciclos restritivos), em relação ao tratamento controle.

A tabela 2 ilustra a configuração em campo dos tratamentos adotados no presente ensaio.

Tabela 2. Configurações dos manejos alimentares restritivos empregados no ensaio de viveiros escavados, conforme ciclos semanais.

Tratamentos	Dias da semana						
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo
1	X*	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	Restrição total**
3	X	X	X	X	X	Restrição total	Restrição total
4	X	X	X	X	Restrição total	Restrição total	Restrição Total

* X = refeições completas

** Restrição total = supressão das duas refeições

Na biometria, amostras dos peixes de cada parcela (viveiro) foram pesadas individualmente em balança digital e medido em ictiômetro.

Foram avaliados nos animais testados o consumo de ração, ocorrência de consumo compensatório, ganho de peso diário, ganho em biomassa no período, taxa de sobrevivência, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, composição centesimal de carcaça,

atividade de água do pescado, rendimentos de cortes, índices somáticos e morfométricos de órgãos digestivos, altura de vilosidades intestinais, níveis plasmáticos de produtos do metabolismo energético (glicose, colesterol, triglicérides) e proteínas totais plasmáticas. Adicionalmente realizou-se avaliação de índices econômicos por meio de projeções e análises de sensibilidade.

Os dados de desempenho e composição corporal foram submetidos à análises de variância e as médias comparadas pelo teste SNK a ($P>0,05$).

3.2.3 Animais e Alimentação

Antes da fase experimental, os alevinos de tilápia-do-nylo da variedade GIFT foram recriados à partir de 5,0 g de peso médio inicial em tanques escavados e aclimatados às condições locais por cerca de 90 dias. Nesse período, foram alimentados até a saciedade aparente, duas vezes ao dia, com ração comercial de 2-4mm e 35 % de proteína bruta. Ao atingirem peso médio em torno de 100 g foram despescados e separados por meio de selecionadora de peixes vivos conforme mostrado na figura 3.



Figura 3. Seleção dos juvenis de tilápia-do-nylo (*Oreochromis niloticus*) utilizando selecionador manual.

Após a seleção os animais foram submetidos a um novo período de adaptação de sete dias nos viveiros onde foram realizados os ensaios.

A ração foi fornecida diariamente aos animais. Conforme os dados apresentados na tabela 3 foi utilizada ração comercial extrusada para crescimento e engorda contendo 32 % de proteína bruta, cuja composição básica consistia de: milho integral moído, farelo de trigo, farelo de soja, farinha de vísceras, farinha de peixe, sal comum (NaCl), calcário calcítico e premix mineral vitamínico.

Amostras das rações comerciais foram armazenadas em frascos plásticos e conservadas em geladeira durante todo o experimento. As composições dos ingredientes e das dietas foram determinadas segundo metodologia da A.O.A.C. (2005) e a energia bruta por meio de bomba

calorimétrica (Parr 1281Calorimeter). Ainda, conforme a tabela 3 é mostrado a composição percentual e químico-bromatológica calculada da ração comercial usada no ensaio.

Tabela 3. Níveis de garantia mínima e composição físico-química da ração comercial utilizada no ensaio de restrição alimentar de tilápias em viveiros.

Ingredientes	Níveis de garantia*
Umidade (máx.)	120 g/kg
Proteína bruta (mín.)	320 g/kg
Extrato etéreo (mín.)	65 g/kg
Fibra bruta (máx.)	70 g/kg
Matéria mineral (máx.)	110 g/kg
Cálcio (mín.)	10 g/kg
Cálcio (máx.)	30 g/kg
Fósforo (mín.)	6.000 mg/kg
Vitamina C	300 UI/kg
Vitamina A	9000 UI/kg
Vitamina E	135 UI/kg
Zinco	100 mg/kg

Composição centesimal	Concentrações** (%MS)
Umidade	7,88*
Proteína bruta	32,06
Energia bruta	4126,82 cal/g
Extrato etéreo	7,72
Matéria mineral	10,25
Cálcio	1,63
Fósforo total	1,55

*Informações do Fabricante.

**Dados da pesquisa.

O arraçoamento foi feito diariamente, no período da manhã (09:00h) e tarde (16:00h). Em cada um dos tratamentos a quantidade de ração fornecida foi ajustada semanalmente a partir da verificação do ponto de saciedade. O ponto de saciedade foi definido através da observação de quando os peixes deixavam de buscar o alimento oferecido.

O consumo de ração foi monitorado, possibilitando a avaliação da ingestão de alimento, além dos parâmetros de eficiência alimentar. Para registro de dados biométricos foram realizadas amostragens ao início e ao final dos experimentos.

A temperatura da água dos viveiros escavados foi medida diariamente na superfície, às 09:00 e 16:00 horas, utilizando-se um termômetro Incoterm. O oxigênio dissolvido e pH foram aferidos diariamente às 09:00 horas por meio de medidor multiparâmetro marca Hanna modelo HI-9828. A amônia tóxica foi aferida semanalmente por meio de kit colorimétrico da marca Alfakit.

3.2.4 Ingestão compensatória de ração

A verificação da ocorrência de ingestão compensatória se deu por meio da medição dos volumes de ração consumidos pelos lotes de cada parcela nas últimas duas refeições normais, antes da aplicação dos tratamentos restritivos semanais, e a comparação com o volume consumido na primeira refeição também à saciedade, imediatamente após a restrição.

Para avaliação da resposta compensatória da ingestão de alimento foram realizadas de três a quatro observações por tratamento em pelo menos cinco épocas distintas, ao longo do período experimental, nos dois ensaios.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de SNK ($P > 0,05$), através do programa estatístico SAS, versão 8.2.

3.2.5 Índices de desempenho produtivo

Ao término dos experimentos, os peixes foram submetidos à biometria final, para determinação de comprimento e peso total.

O peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho de peso médio diário (GPD), o ganho de peso ou biomassa (GB), taxa de sobrevivência (TS), consumo de ração total por tratamento (C), taxa de crescimento específico (TCE) e a conversão alimentar aparente (CA) foram estimados, respectivamente, pelas seguintes expressões matemáticas:

- PMI = média dos pesos iniciais dos juvenis estocados, por tratamento;
- PMF = média dos pesos finais dos peixes adultos despescados, por tratamento;
- GPD (g dia^{-1}) = (peso médio final – peso médio inicial) / tempo em dias de cultivo;
- GB (kg/viveiro ou kg/caixa) = biomassa final – biomassa inicial;
- TS % = (número final de peixes / número inicial de peixes) x 100;
- C = ração fornecida/dia (kg) x n° total de dias referente ao período experimental;
- TCE = $[100 \times (\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{dias de experimento}]$
- CA = ração fornecida (kg)/GB (kg)

3.2.6 Composição centesimal de carcaça e rendimentos de cortes

O abate humanitário dos peixes se deu por meio de imersão dos mesmos em baldes d'água com anestésico (benzocaína) na concentração de 190 mg/L, por mais de 15 minutos.

A preparação de cada corte comercial foi executada manualmente pela mesma pessoa, estando essa previamente treinada. O filé do lado esquerdo de cada exemplar foi obtido com pele (sem escamas) e não foram retiradas aparas e ossos. Assim, erros operacionais foram reduzidos, aumentando a acurácia dos dados. Para o cálculo do peso de filé utilizou-se o peso do filé multiplicado por dois.

O filé com costela constituiu-se do filé retirado com costelas, pele, descamado, cortado na linha média ventral e multiplicado por dois. A gordura abdominal advém da musculatura ventral frouxa, onde comumente há maior deposição de gordura nas diferentes linhagens de tilápia do Nilo. O contra-filé representa o músculo hipoaxial profundo, situado entre as costelas e a cavidade celomática que abriga os órgãos. Os dados de rendimento foram calculados em relação ao peso do respectivo exemplar.

Ao final de cada experimento foram coletados seis peixes por tratamento para determinação da composição corporal. Estes foram eutanasiados por imersão em água com benzocaína e armazenados em freezer a -20 °C. Posteriormente foram moídos individualmente e submetidos a secagem em estufas de ventilação forçada por 72 horas a 55 °C. Em seguida foram novamente conservados em freezer a -20 °C para posterior análise de composição centesimal. Finalmente, em posse das amostras secas, realizou-se a determinação de proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, cinzas, Ca e P, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

Adicionalmente foi determinada a atividade de água (Aw) no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras - UFLA.

Para as análises de composição centesimal foram amostrados dois peixes por unidade experimental (viveiro), totalizando seis peixes/tratamento. As análises seguiram a metodologia descrita por AOAC (2005).

- Umidade e matéria seca: as amostras foram desidratadas em estufa a 105 °C, até peso constante;
- Cinza (minerais): determinada por incineração da matéria orgânica, em forno mufla a 550°C, até peso constante;
- Proteína bruta: foi utilizado o método de Kjeldahl para determinar o nitrogênio total. Este método baseia-se no conteúdo de nitrogênio da matéria orgânica, incluindo o nitrogênio protéico propriamente dito e outros compostos nitrogenados não protéicos, tais como aminas, aminoácidos, entre outros. Neste caso, o resultado foi expresso em proteínas bruta ou total, utilizando-se para o cálculo o fator 6,25;
- Energia bruta: a energia bruta foi calculada por meio do método de bomba calorimétrica;
- Extrato etéreo (lipídeos): o conteúdo de gordura foi determinado nas amostras desidratadas por meio do método de Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente extrator;
- Cálcio e Fósforo: determinados por métodos colorimétricos segundo Ferro & Ham (1957) e Nakamura (1957);
- Atividade de água (Aw): a Aw foi mensurada por meio da metodologia conhecida como ponto de orvalho. A amostra foi acondicionada em cápsula plástica, em equilíbrio com a atmosfera interna do equipamento, através do instrumento Aqualab®, modelo CX2 (Decagon Devices Inc. WA, USA). O valor da atividade de água é registrado quando há a formação da primeira gota de orvalho em função do equilíbrio alcançado entre a fase líquida presente na amostra, e a fase gasosa.

3.2.7 Índices somáticos e morfometria de órgãos

Realizou-se a biometria dos órgãos que compõem o sistema digestório para avaliação do desenvolvimento intestinal expresso pelo comprimento e peso relativo (Leitão, 2007).

Os peixes foram dissecados para retirada e pesagem de conteúdo visceral, estômago, fígado e intestino. Além disso foi determinado comprimento total do intestino.

Foram avaliadas as relações somáticas: fator de condição (K), índice hepatossomático (IHS), peso relativo de estômago vazio e peso relativo de intestino por intermédio das seguintes fórmulas:

- Fator de condição (K) = $100 \times [\text{peso}/(\text{comprimento total})^3]$;
- Índice hepatossomático (IHS) = $[100 \times (\text{peso do fígado (g)}/\text{peso corporal (g)})]$;
- Peso relativo de estômago vazio (PRE) = $[(\text{peso do estômago(g)}/\text{peso corporal (g)})]$;
- Peso relativo de intestino (PRI) = $[(\text{peso do intestino (g)}/\text{peso corporal (g)})]$;

O método alométrico utilizado na determinação do fator de condição (K) gera resultados que não sofrem distorções em função da variação de comprimento dos indivíduos e permite a comparação de amostras formadas por indivíduos de diferentes tamanhos (Braga 1986; Lima-Junior et al., 2002)

3.2.8 Histologia do intestino (altura de vilosidades)

Para a análise de histologia da mucosa intestinal foram coletados fragmentos de aproximadamente 5 cm de comprimento da porção inicial do intestino de três peixes de cada unidade experimental (nove amostras por tratamento). Os fragmentos foram abertos longitudinalmente, fixados em solução de formol tamponado, até serem cortados dois fragmentos de aproximadamente 0,5 cm e transferidas para álcool 70 %, onde ficaram armazenados até a confecção das lâminas. Em seguida, foram desidratados com série ascendente de álcool (70 %, 80 %, 90 %, 2 h cada, e no álcool 90 % por aproximadamente 12 h para posterior diafanização (mantidos durante 15 minutos sob imersão em xilol). As amostras foram submetidas a banho por 25 minutos em parafina fundida em estufa a 56 °C. Os tecidos impregnados com parafina foram emblocados em temperatura ambiente para obtenção dos cortes histológicos. Foram realizados cortes de 5 µm de espessura, utilizando microtomo (Microm HM 315). As fitas obtidas na microtomia foram transferidas para banho maria mantido a 40°C, a fim de abrir essas completamente nas lâminas. Após o tempo de secagem, as lâminas foram colocadas por 20 minutos em estufa a 56°C, para derreter a parafina.

Na etapa de coloração, as lâminas foram rehidratadas, passando por dois banhos em xilol de 10 minutos cada e soluções decrescentes de álcool (100 %, 90 %, 80 % e 70 %), permanecendo por 10 minutos no álcool absoluto e 5 minutos nos subsequentes. Em seguida, foram corados pelo método de hematoxilina-eosina: solução aquosa de hematoxilina por 20 segundos e colocados em água corrente por 15 minutos. Posteriormente, coradas em eosina por 30 segundos e lavada com água para tirar o excesso de eosina, para finalmente, realizar desidratação e diafanização. As lâminas foram montadas com uma gota de bálsamo do Canadá para que fossem sobrepostas às lamínulas.

As análises morfométricas foram realizadas utilizando microscópio óptico binocular (Laborana, modelo L-2000) com aumento de 100 vezes e lente ocular micrométrica. Foram selecionadas e medidas 30 vilosidades por animal, cujas alturas (comprimentos em linha reta, µm) foram tomadas a partir da base superior até seu ápice.

3.2.9 Parâmetros hematológicos e do metabolismo energético intermediário

Glicose, Triglicerídes, Colesterol e Proteínas totais

Dos peixes amostrados retirou-se sangue por punção da veia caudal 16 horas após a última alimentação, sendo uma alíquota separada em microtubo de centrífuga (1,5 mL), centrifugado a 3.000 rpm durante 10 minutos, a 10 °C, para separação do soro e determinação da concentração de glicose (método enzimático-colorimétrico utilizando *Kit Bioclin*),

triglicérides (método enzimático-colorimétrico Trinder utilizando *Kit Gold Analisa*), colesterol (método enzimático-colorimétrico Trinder utilizando *Kit Gold Analisa*) e proteínas totais (método colorimétrico-biureto utilizando *Kit Gold Analisa*).

3.2.10 Análise econômica das estratégias de restrição alimentar

Fez-se a avaliação econômica tomando-se como base para o ensaio e suas respectivas projeções, apenas os custos com alimentação (ração) e os envolvidos com mão de obra, tanto aquela utilizada exclusivamente no arraçamento como também por meio de dispensas em turnos. Nesse sentido, os demais itens de custo foram entendidos como constantes e similares para os contextos considerados, não sendo dessa forma objetos de análise.

O custo da hora-homem foi aferido a partir do valor de salário mínimo vigente em janeiro de 2014 ((R\$ 724,00 + 65 % de encargos sociais diretos)/200 horas), tendo como critério o uso de horas-homem acrescidas de horas extras e ou descanso remunerado quando do cálculo das dispensas de mão de obra em sábados e domingos. Nesse sentido, os valores de remuneração considerados para hora-homem e hora-extra em fins de semana foram R\$ 5,97 e R\$ 10,45, respectivamente.

O estudo dos indicadores econômicos dos diferentes tratamentos foi realizado a partir de adaptação dos cálculos descritos por Lanna (1999) e Togashi (2004).

- *Renda Bruta Média (RBM)* – valor em reais (R\$) obtido em função do ganho em biomassa no período avaliado em quilogramas (GB) e o preço do quilo da tilápia em R\$ (PT).

$$RBM = GB \times PT$$

- *Custo Médio de Arraçamento (CMA) ou Custo Alimentar (CuA)* – custo total relativo ao consumo de ração no período avaliado (CR) em função do custo médio do quilo da ração e da conversão alimentar (CA) do lote de peixes.

$$CMA = CR \text{ no período} \times \text{custo ração} \times \text{conversão alimentar}$$

- *Margem Bruta Média (MBM)* = diferença entre a renda bruta média e os custos com alimentação.

$$MBM = RBM - CMA$$

- *Rentabilidade Média (RM)* – divisão entre a margem bruta média e o custo médio de alimentação.

$$RM = MBM/CMA \times 100$$

- *Índice Relativo de Rentabilidade (IRR)* – relação entre a rentabilidade média dos tratamentos e o controle.

$$IRR = RM \text{ do tratamento testado} / RM \text{ tratamento controle} \times 100$$

Para o cálculo de índice relativo de rentabilidade foi levado em consideração que os peixes alimentados até a saciedade e sem supressão de quaisquer refeições (tratamento 1) seriam tomados como base, e, por isso, o valor considerado para este tratamento foi de 100. Os demais índices foram calculados em função desse tratamento.

Essa sistemática é similar àquela denominada por Shang (1990) como Sistema de análise parcial de dados na aquicultura (*Partial Budget Analysis in Aquaculture*). Tal sistema consiste na análise parcial do custo de produção, sendo utilizado em situações onde apenas um item do custo operacional sofre variação.

O preço médio de venda considerado foi de R\$ 4,65 para o quilo da tilápia viva. O custo estimado para aquisição da ração comercial de terminação foi de R\$ 2,00/kg, sendo esse preço tomado em janeiro de 2014, considerando o preço médio na região de Belo Horizonte, quando o câmbio era de U\$ 1,00:R\$ 2,20.

O gasto de horas-homem na operação de arraçamento em piscicultura semi-intensiva em viveiros escavados levou em consideração os coeficientes operacionais estimados por Souza-Filho (2002) e Rockenbach (2005), o que gerou, em média, a dedicação de um tratador por 1,25 h por hectare dia⁻¹.

Para a realização das projeções, foram consideradas pisciculturas hipotéticas com cenários de 1, 8 e 50 hectares, tendo como referência a classificação de portes de empreendimentos aquícolas em viveiros escavados definido pela deliberação normativa do COPAM MG nº182 de abril de 2013.

As projeções de produção se deram em função das produtividades e conversões alimentares encontradas na própria pesquisa e a partir de outras variáveis como densidades de estocagem (1,0 kg/m²) e sobrevivências (93,5 %) para sistema de viveiro escavado.

A otimização da mão de obra em cada uma das projeções foi advinda da redução de horas-homem utilizadas exclusivamente nas operações de arraçamento e ou dispensa em turnos. Isso foi possível graças à aplicação de método de equivalência mão de obra – ração, que por sua vez permitiu estimar a redução no custo alimentar unitário para cada uma das estratégias alimentares adotadas no presente estudo.

A aferição da produtividade de mão de obra foi realizada com base nos seguintes cálculos:

- *Horas-Homem (HH)* – número de horas dedicadas exclusivamente ao arraçamento das unidades produtivas, por ciclo (período experimental);

$$HH = n^{\circ} \text{ horas/homem/dia} \times n^{\circ} \text{ de dias} \times n^{\circ} \text{ de meses} \times n^{\circ} \text{ de hectares}$$

- *Dias-Homem (DH)* = número de dias dedicados exclusivamente ao arraçamento das unidades produtivas, por ciclo (período experimental);

$$DH = HH/8$$

- *Produtividade da mão de obra (PMDO)* = rendimento da mão de obra dedicada exclusivamente ao arraçamento das unidades produtivas em função do ganho em biomassa no período avaliado, em quilogramas (GB);

$$PMDO = DH/GB$$

É importante frisar que a análise econômica se baseou na terminação da tilápia adulta e do custo com ração. Os custos inerentes às instalações e mão de obra, além de outros, variam em função das características de cada sistema produtivo, bem como à escala de produção. Nesse sentido, para efeito de análise, considerou-se os custos citados, como sendo “fixos” para os sistemas similares que adotem as estratégias de manejo alimentar descritas nesse estudo. Quanto aos ganhos econômicos, a composição da margem bruta se dá pela diferença entre as receitas geradas em função da biomassa total de peixes de cada tratamento e os respectivos custos operacionais totais da ração. No entanto, entende-se que a margem bruta obtida para cada estratégia alimentar não representa, necessariamente o lucro real, visto que esse tipo de análise identifica as diferenças influenciadas pelos tratamentos.

Costa (2013) esclarece que o custo total de produção (CTP) difere do custo operacional total (COT) por considerar os custos de oportunidade. Esses podem ser definidos como a melhor opção de investimento do valor da terra, capital fixo e circulante e trabalho do empresário. O autor ainda comenta que devido à subjetividade e dificuldade de sua determinação muitos trabalhos desconsideram este item, apresentando somente o custo operacional total.

Nas análises de sensibilidade para incrementos na remuneração básica tomou-se como referência o salário mínimo vigente. Em seguida foram fixadas quatro faixas salariais conforme a remuneração média paga a trabalhador rural mensalista em cada município. A partir daí, obteve-se quatro grupos de municípios mineiros, classificados da seguinte forma: Grupo 1: 10 % a 20 % de incremento salarial; Grupo 2: 20 % a 30 % de incremento salarial; Grupo 3: 30 % a 40 % de incremento salarial e Grupo 4: acima de 40 % de incremento salarial.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Qualidade de água

Os valores médios das principais variáveis de qualidade da água observados nos viveiros foram $4,9 \pm 0,5$ mg/L para oxigênio dissolvido; $6,75 \pm 0,3$ para pH e $0,01\mu\text{g/L}$ para amônia tóxica. As faixas de temperatura mínima e máxima são apresentadas na figura 4.

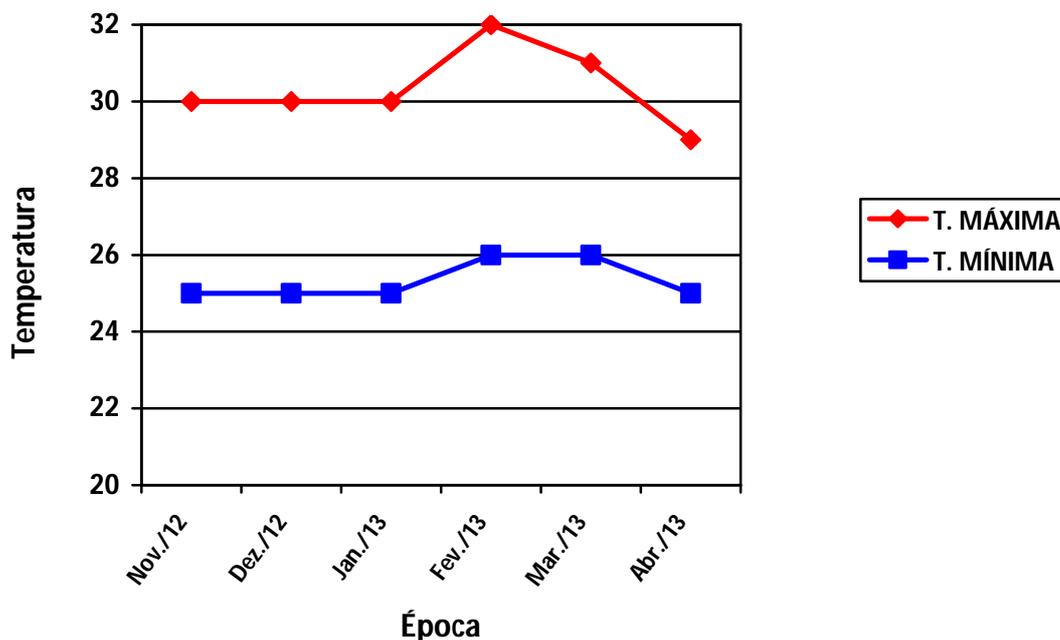


Figura 4. Valores médios mensais de temperaturas máximas e mínimas da água de cultivo dos viveiros escavados, no período de novembro de 2012 a abril de 2013.

Conforme Boyd (1990), os valores descritos acima atendem aos critérios de qualidade de água de viveiros para fins de aquicultura, mantendo-se na faixa limite para o cultivo de tilápia-do-nilo.

Os níveis de transparência da água durante o período experimental são mostrados no Anexo I.

3.3.2 Desempenho zootécnico

Ao final do período experimental (154 dias), o peso médio final dos peixes do grupo controle foi maior ($P < 0,05$) que o dos demais, indicando não ter ocorrido crescimento compensatório completo. Entretanto, observa-se que o peso final dos peixes que foram

submetidos a três dias de supressão de ração comercial apresentaram o mesmo peso final que aqueles com um e dois dias (Tabela 4). Isso pode ser explicado pela maior otimização da dieta, associado ou não, à suplementação com alimento natural existente no meio.

Tabela 4. Peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho em biomassa no período (GB), ganho de peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE) taxa de sobrevivência (TS), consumo total de ração (C) e conversão alimentar aparente (CA) de tilápia-do-nylo cultivadas em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	PMI (Kg)	PMF (Kg)	GB (Kg)	GPD (g)	TCE	TS (%)	C (Kg)	CA
1	0,1017 a	1,021 a	0,920 a	5,97 a	3,00 a	93,7 a	131,37 a	1,40 a
2	0,1077 a	0,837 b	0,730 b	4,74 b	2,89 a	95,3 a	131,20 a	1,71 a
3	0,0987 a	0,829 b	0,730 b	4,75 b	2,86 a	91,0 a	128,75 a	1,76 a
4	0,1020 a	0,821 b	0,720 b	4,67 b	2,88 a	95,0 a	117,38 b	1,55 a
CV (%)	13,42	9,62	9,68	9,68	2,02	6,36	4,09	9,71

Letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa por meio de teste de SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

Além do peso médio final, o ganho de biomassa (GB) e ganho de peso diário (GPD) dos peixes do tratamento 1 também foram maiores ($P < 0,05$) que os dos demais grupos testados.

O consumo total de ração (C) somente diferiu estatisticamente ($P < 0,05$) para os lotes de peixes que receberam o tratamento 4, sendo esse consumo 10 % menor quando comparado à média dos demais tratamentos.

Por outro lado a taxa de crescimento específico (TCE) juntamente com o indicador de eficiência alimentar, conversão alimentar (CA) foram similares ($P > 0,05$), estatisticamente, dentre todos os grupos testados.

A manutenção da conversão alimentar similar no grupo 4 em relação aos tratamentos 1, 2 e 3 pode ter sido ocasionada pelo menor consumo total de ração por esses lotes. Diferente desses resultados, o aumento da ingestão alimentar e rápido ganho de peso em peixes durante o período de recuperação foram acompanhados por melhora na conversão alimentar nos estudos realizados por Russell & Wootton (1992) e por Jobling (1994).

Em outro estudo envolvendo arranjos cíclicos com restrição menos severa, Mélard et al. (1997) verificaram que juvenis de tilápia-do-nylo submetidos a ciclos de um dia de jejum por semana apresentaram um crescimento mais rápido em comparação com os peixes diariamente alimentados. Chatakondi & Yant (2001), ao submeter *Ictalurus punctatus* a ciclos alternados de 3 dias de privação alimentar e realimentação até o desaparecimento da hiperfagia, verificaram maior peso corporal, maior consumo de alimento e melhor conversão alimentar, em relação ao grupo controle.

Souza et al. (2003) verificaram no 3º ciclo do ensaio com restrição em semanas em pacu (*Piaractus mesopotamicus*), que apesar de os peixes submetidos a quatro semanas de privação

alimentar seguidas por nove de realimentação (T2) e de seis semanas de privação seguidas por sete de realimentação (T3) não terem conseguido alcançar os pesos dos animais do grupo controle, eles expressaram o potencial para o crescimento compensatório, o que coincidiu com o aumento na taxa de crescimento específico, eficiência de crescimento alta e conversão alimentar eficaz em todos os tratamentos. Esses efeitos são semelhantes aos que foram observados no presente ensaio, permitindo a inferência de que os lotes de peixes submetidos à privação de três dias consecutivos podem ter expressado um ganho compensatório parcial.

Stefansson et al., (2009) averiguaram ocorrência do fenômeno de crescimento compensatório em juvenis de salmão do Atlântico (*Salmo salar*) ao final da 16ª semana, sendo que os grupos de peixes submetidos a dois, três e quatro dias de restrição no ciclo alcançaram recuperação parcial do peso e aqueles com um dia de restrição, atingiram peso similar ao do grupo controle.

Abdel-Hakim et al. (2009) examinaram lotes de tilápias híbridas (*Oreochromis niloticus* x *O. aureus*) cultivadas em hapas dispostas em viveiros, as quais foram submetidas a um, dois e três dias de privação alimentar por semana, em ciclos repetidos durante quatro meses. Após esse período os lotes foram alimentados à saciedade durante os últimos dois meses. Ao final constatou-se que os peixes privados por um e dois dias na semana tiveram pesos corporais similares ao do grupo controle. Esses mesmos autores afirmaram que o regime de restrição moderada mostra bons resultados em comparação ao grupo continuamente alimentado, no que tange o desempenho de tilápias híbridas, o que reflete economicamente em escala comercial.

Diante dos dados de desempenho dos peixes testados no presente trabalho e ao considerar resultados positivos em ensaios similares ao de Abdel-Hakim et al (2009), é provável que a aplicação de período de realimentação final aos lotes de peixes poderia ter dado maior oportunidade para que os mesmos alcançassem a condição do grupo continuamente alimentado.

Em outro ensaio, ao avaliar ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-nylo, linhagem GIFT, Palma et al. (2010) observaram que os lotes submetidos à estratégia de cinco dias de alimentação seguidos por dois dias de restrição (5A/2R) apresentaram peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico semelhantes ao grupo continuamente alimentado ao final de 63 dias. A conversão alimentar não foi influenciada pela estratégia alimentar como também não foi observada a ocorrência de hiperfagia nos períodos de realimentação. Os pesquisadores associaram o fato dos peixes terem apresentado resposta compensatória em relação ao melhor aproveitamento do alimento (melhoria da conversão alimentar), à não ocorrência de hiperfagia.

Diferentemente do trabalho de Palma et al. (2010), o presente ensaio trabalhou com peixes na fase de crescimento e terminação, ou seja, peixes entrando na fase adulta com peso médio inicial de 100 g

As consequências do jejum sobre o metabolismo são mais pronunciadas em larvas e juvenis do que em peixes adultos, provavelmente devido a uma menor quantidade de reservas energéticas (Gadomski & Petersen, 1988; Richard et al., 1991). A susceptibilidade de larvas de peixes ao jejum depende do estágio de desenvolvimento e espécie (Shan et al., 2008), sendo o ponto-de-não-retorno determinado em 21 dias a 28 °C para *O. mossambicus* (Rana, 1985).

O fato de terem aplicado as restrições alimentares em alevinos torna essa prática mais arriscada, ao considerarmos que peixes nessa fase de vida são mais propensos a terem seu crescimento corporal comprometido ao longo do ciclo, quando a restrição é mais severa. De todo o modo, como na tilapicultura as larvas geralmente são submetidas a protocolos de reversão sexual, a probabilidade de ocorrência de jejuns severos antes do ponto-de-não-retorno é bastante reduzida.

As rações de 32 % PB representam, em termos de volume, cerca de 90 % de toda a ração utilizada no ciclo de produção de tilápia-do-nylo, com peso médio de abate de 950 g e

conversão alimentar em torno de 1,6. Assim, em termos de custo, esse tipo de ração representa cerca de 90 % do valor total dispendido com a alimentação desses peixes. Dessa forma, pode-se verificar que a ração do tipo 32 % PB é aquela com maior impacto sobre o custo total de produção de tilápias, o que a torna alvo de atenção por parte de pesquisadores e empresários.

Nesse sentido, qualquer redução na quantidade desse tipo de ração fornecida na fase de terminação pode constituir-se em elemento estratégico para a redução de custos, desde que não haja prejuízo sobre o desempenho produtivo e atributos de qualidade da carne dos peixes.

Com base nisso, o presente estudo optou em trabalhar com peixes na fase adulta, a fim de explorar de forma mais acentuada o efeito de crescimento compensatório e a racionalização de insumos alocados em todo o ciclo de engorda.

Abdel-Hakim et al. (2009) também obtiveram resultados parecidos para juvenis de tilápia híbrida *O. niloticus* x *O. aureus* cultivadas em hapas instalados em viveiros escavados, detectando peso final, ganho de peso e taxa de crescimento específico similares ao do grupo controle quando adotou-se um dia de restrição por semana. Todavia ao aumentar o número de dias de restrição para três houve aumento na ingestão, pior conversão alimentar e menor ganho de peso, resultando em pior eficiência econômica. O mesmo foi observado no experimento conduzido por Palma et al. (2010), onde as estratégias de alimentação com períodos de restrição superiores a dois dias não permitiram compensação total no peso final dos juvenis de tilápia do Nilo. Já Nikki et al. (2004) não observaram melhoria na eficiência alimentar em juvenis de truta arco-íris *Oncorhynchus mykiss* submetidos a oito e 14 dias de jejum. Acrescentam que embora tenham observado elevadas taxas de crescimento, os referidos juvenis não conseguiram alcançar o peso final dos peixes continuamente alimentados, provavelmente em razão da excessiva ingestão de alimento.

Ensaio como esses trazem evidências de que estratégias alimentares que adotam períodos mais curtos de restrição (ex. em dias) arrançados em esquemas de ciclos repetidos e sucessivos também podem resultar em fenômenos como o de crescimento compensatório, em algumas espécies de peixes. Mélard et al. (1997) afirmaram que períodos mais curtos de privação alimentar são mais adequados do que períodos mais longos, para as espécies tropicais que apresentam intenso metabolismo e rápida taxa de crescimento. Souza et al. (2003) complementaram afirmando que a aplicação de manejos alimentares restritivos em épocas mais quentes do ano favorecem a aceleração do metabolismo, o que pode desfavorecer o desempenho dos animais submetidos a períodos restritivos mais longos.

Alguns estudos têm demonstrado que curtos períodos de privação alimentar (Rueda et al., 1998, Tian & Qin, 2003) ou múltiplos períodos de privação alimentar e realimentação aumentam a eficiência alimentar e crescimento em várias espécies de peixes (Hayward et al., 1997; Wu et al., 2002, Zhu et al., 2004) (citados por Chan et al., 2008). Entretanto, conforme Palma et al. (2010), a maioria dos estudos sobre crescimento compensatório em peixes ainda tem utilizado períodos longos de jejum, sendo dada pouca atenção ao efeito da restrição alimentar por períodos mais curtos. Considerando o exposto, os resultados do presente ensaio podem ter sido positivamente influenciados pelos curtos intervalos de restrição alimentar a que foram submetidos os grupos de peixes testados. Apesar disso, não foi possível a identificação clara de episódio de crescimento compensatório para os tratamentos 2 e 3 em virtude da alta ingestão compensatória de ração.

O fato de o presente estudo ter sido executado sob as condições de sistema produtivo semi-intensivo em viveiros escavados, com baixa renovação de água, leva à indagação sobre quais efeitos seriam desencadeados no desempenho dos lotes de peixes testados, em razão da presença de alimento natural no meio.

Em estudo sobre a definição da participação do alimento natural no desempenho de tambaqui cultivado em sistema semi-intensivo durante 56 dias, Costa (2013) verificou que

apesar da participação do plâncton não ter sido superior a 30 %, houve contribuição deste para a formação do músculo do peixe. Nesse sentido, mesmo não havendo relatos ou estudos limnológicos conclusivos, em ensaios como os de Abdel-Hakim et al. (2009) também pode ter ocorrido contribuição parcial do alimento natural (fito e zooplâncton) presente na água dos viveiros onde foram instaladas as hapas.

Outros ensaios têm comprovado que os alimentos naturais são, de alguma forma, aproveitados pelas espécies onívoro-filtradoras. Baseado em análises de conteúdo estomacal, Lim (1989) relatou que cerca de metade do consumo do alimento ingerido pela tilápia cultivada em viveiros foi de alimento natural, indicando sua contribuição substancial para o crescimento da tilápia. Ao avaliarem diferentes tipos de esterco animal no cultivo de tilápia rendalli (Boulenger) em viveiros fertilizados, Kang'ombe et al. (2006) observaram que plantas superiores, zooplâncton e fitoplâncton foram mais predominantes nos estômagos dos peixes que receberam fertilização à base de esterco de frango. O autor ainda comenta que os peixes que não receberam nenhum tipo de fertilizante apresentaram uma quantidade maior de detritos (51,1 %) em seus estômagos, seguidos pelos peixes cultivados com esterco de suíno (41,1 %), vaca (39,1 %) e por último de frango (17,7 %).

Dessa forma, acredita-se que em estudos dessa natureza, avaliações de comportamento alimentar são necessárias, bem como análises de conteúdo estomacal, imediatamente após os períodos de privação, a fim de elucidar melhor a intensidade com que os peixes aproveitam esses tipos de resíduos e ou quaisquer outra fonte alimentar disponível no meio.

Quanto ao aspecto qualitativo do alimento natural, Furuya et al. (1999) verificaram que o plâncton pode substituir dietas com 24 % ou 30 % de PB e que dieta com 24 % de PB associada ao plâncton leva a um melhor desempenho de larvas de curimatá. Adicionalmente, Kubitzka (1998) afirma que alimentos naturais explorados pelos peixes possuem grande valor energético, alto nível de proteínas, minerais e vitaminas, compensando uma eventual deficiência nas rações.

Com base nas informações explicitadas acima, as discussões de resultados com pesquisas envolvendo restrição alimentar, seja ela quantitativa ou qualitativa, deve levar em consideração o sistema de cultivo e a disponibilidade e contribuição efetiva de alimento natural para o crescimento dos peixes cultivados.

No presente ensaio se fez monitoramento quantitativo de alimento natural por meio do Disco de Secchi. As leituras indicaram que havia presença constante e significativa de alimento natural em todos os viveiros durante todo o período experimental (terminação). Apesar de se constituir um artifício de natureza subjetiva, trata-se de equipamento de uso prático e acessível, muito difundido na piscicultura em viveiros escavados, tanto familiar quanto comercial.

Em face dos resultados observados no presente estudo, a presença de alimento natural pode não ter impellido a uma restrição quantitativa efetiva, o que por sua vez, poderia ter impellido a ativação de mecanismos biológicos responsáveis pela capacidade de crescimento/ganho compensatório total. Dessa forma, o alimento natural pode ter desempenhado um efeito regulador ou minimizador da restrição alimentar (jejum absoluto), nas condições desse ensaio. No entanto, novas pesquisas munidas por estudos limnológicos mais aprofundados deverão ser realizadas a fim de trazer evidências mais detalhadas a cerca do tema.

Ainda assim, programas alimentares restritivos podem apresentar maior flexibilidade de uso e melhores resultados quando em sistemas semi-intensivos de produção, que utilizam viveiros adubados ou outra fonte de alimento vivo de qualidade (ex. sistema de bioflocos). Inclusive, em alguns casos, esses programas poderiam ser mistos, adotando a aplicação simultânea de restrição quantitativa e qualitativa da ração. Como condições para tal, desde os programas restritivos do tipo misto até os mais simples, deverão ser aplicados às espécies comprovadamente hábeis em aproveitar o alimento natural, além de seguir protocolos validados,

principalmente em relação aos momentos ou fases de vida do peixe onde há maior potencial de resposta compensatória.

Na configuração do presente ensaio experimental houve a preocupação em desenvolver operações e protocolos de fácil adoção pelo piscicultor, simultaneamente capazes de tornar a atividade mais rentável. Kubitzka (2012) comenta que nas etapas mais avançadas da engorda de peixes, o produtor deve mirar na eficiente conversão alimentar, mesmo que isso penalize um pouco a taxa de crescimento.

Ao adotarem a restrição alimentar programada, outros segmentos da produção animal estão avaliando manobras operacionais que possam maximizar os efeitos positivos desses tipos de manejos alimentares para a rentabilidade da atividade. Segundo Rosa et al. (2000), aves submetidas a determinado período de restrição alimentar não devem apresentar uma redução de mais de 12 % no seu peso corporal, visto que acima desse nível, o ganho de peso compensatório no período de realimentação estará comprometido e, inevitavelmente, as aves apresentarão redução no peso final de abate.

De forma análoga, Tian & Qin (2003) afirmaram que o crescimento compensatório total é possível somente quando a massa corporal perdida dos peixes submetidos à restrição alimentar não for inferior a 60 % do peso corporal dos peixes alimentados continuamente.

Nesse sentido, uma das maneiras encontradas na avicultura para balizar a intensidade da restrição alimentar a ser praticada é fixar um limite para a redução de peso corporal das aves ao final do período restritivo. Prática similar poderia ser desenvolvida para a piscicultura, a fim de facilitar o emprego e monitoramento na condução de planos alimentares restritivos que garantam maiores retornos econômicos.

No presente ensaio verificou-se uma redução de peso médio entre o grupo controle e os demais grupos da ordem de 19 %, sendo que não ficou evidenciado ganho compensatório para esse parâmetro. A projeção e análise econômica baseados no custo alimentar unitário, mostraram que os grupos submetidos ao maior nível de restrição (três dias consecutivos) alcançaram 75,4 % do índice de rentabilidade relativa, comparado ao grupo controle.

De todo modo, informações como essas podem se constituir em importante balizador no ajustamento de protocolos de arraçoamento restrito em pisciculturas. Tais protocolos deverão estar focados no alcance de melhores resultados financeiros por meio da análise do ponto ótimo econômico, para cada empresa e contexto.

3.3.3 Ingestão compensatória de ração

Foram realizados pré-ensaios com a finalidade de avaliar a ingestão compensatória de ração por lotes de juvenis de tilápia-do-nilo após curtos períodos de jejum. Constatou-se que a partir da segunda refeição ocorria aparente estabilização do volume de ração consumido pelos lotes de peixes.

Ao submeter os peixes às privações alimentares constantes nos tratamentos previstos nos presente trabalho, observou-se que os mesmos apresentaram elevado consumo de ração quando a alimentação foi restabelecida, mesmo que num curto intervalo de tempo.

Entretanto, não houve diferença significativa entre os tratamentos para níveis de consumo compensatório no pós-restrição, ou seja, aos serem comparados os volumes de ração consumida na 1ª alimentação à tarde do dia seguinte à supressão de refeição no mesmo horário.

Ressalta-se que o acréscimo de consumo na 1ª refeição manteve-se, em média, em torno de 21,0 % nas cinco épocas analisadas. Isso denota que os peixes apresentaram uma ingestão compensatória média da ordem de 121 %, ou seja, um adicional de 21 %, independente das estratégias de restrição alimentar impostas, durante todo o período analisado.

Em face da ocorrência da ingestão compensatória, apenas o grupo 4 apresentou nível de restrição alimentar efetivo estatisticamente superior ao grupo controle ($P > 0,05$), da ordem de 10,6 %.

O apetite é definido como a quantidade de alimento consumido por peixe/dia, quando o mesmo é alimentado à saciedade. Ao avaliar a dinâmica de apetite em juvenis de três espécies (“minnow”, *Phoxinus phoxinus*; carpa, *Carassius auratus gibelio* e stickleback, *Gasterosteus aculeatus*) após uma e duas semanas de privação, Ali et al. (2001) observaram que as diferenças de comportamento alimentar entre as espécies pode ter sido devido aos protocolos experimentais adotados, mas também podem refletir as diferenças subjacentes no controle do apetite nessas espécies de peixes.

A hiperfagia tem sido demonstrada em algumas espécies de peixes submetidas a privação alimentar (Xie et al., 2001; Wu et al., 2002). Trata-se de um mecanismo que pode levar à ocorrência de ganho compensatório, podendo ser constatada pelo aumento do consumo de alimento nos dias de realimentação (Ali et al., 2003). Por outro lado a ocorrência de hiperfagia excessiva está associada ao efeito de “overfeeding” em peixes cultivados (Riche & Garling, 2003).

Diante disso, percebe-se a importância da execução de maior número de pesquisas para avaliar a taxa de passagem em peixes de importância econômica sob diferentes sistemas de cultivo, condições de manejo alimentar e qualidade de água. De posse dessas informações poderiam ser confeccionados programas alimentares de forma personalizada, ou seja, para cada espécie, sistema de produção, época do ano (caso o ambiente não seja controlado) e em conformidade com a fase do desenvolvimento do peixe.

Ao avaliarem o consumo alimentar de juvenis de witefish (*Coregonus lavaretus*) submetidos a ciclos de dois dias de restrição seguidos de dois de alimentação, Kankanen & Pirhonen et al. (2009) observaram maior ingestão de alimento nesses grupos comparado aqueles onde adotou-se ciclos de dois dias de restrição seguidos de cinco dias de alimentação. Estudos que também adotaram protocolos restritivos, como os de Xie et al. (2001), Wu et al. (2002), Riche & Garling (2003) e Abdel-Hakim et al. (2009), indicaram que a hiperfagia parece ser mais pronunciada em situações em que o período de restrição era igual ou maior que o de realimentação.

Apesar do presente estudo não ter confirmado essa constatação, é provável que o controle no fornecimento de ração no período pós-restrição poderia ter trazido melhores resultados em termos de eficiência alimentar e econômica, principalmente no caso dos tratamentos 2 e 3. Corroborando com essa suposição, Abdel-Hakim et al. (2009) citaram que a duração e frequência alimentar durante o período de realimentação podem ser muito importantes para a regulação do alcance de crescimento e outros parâmetros produtivos em híbridos de tilápia.

Por outro lado, Takahashi (2007) verificou que a realimentação controlada resultou em pior conversão alimentar e redução da taxa de eficiência proteica, em juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) submetidos a ciclos de restrição-realimentação de seis dias, sendo três dias de restrição total de alimento e três dias subsequentes de realimentação, onde se forneceu a mesma quantidade consumida pelo grupo controle.

Outros fatores também devem ser ponderados quando da aplicação de planos alimentares restritivos na piscicultura comercial. Um deles é de que a adoção de manejos alimentares restritivos requer períodos consideráveis de tempo quando várias unidades de cultivo estão sendo geridas (Gatling, 2003). A inclusão de operações como monitoramento de consumo e controle na oferta de ração na realimentação demandam critério, organização e tempo. Procedimentos como esses podem trazer algum tipo de empecilho ou ônus adicional para determinados empreendimentos.

Considerando o exposto acima, o presente ensaio não adotou níveis de controle no fornecimento de ração no período pós-restrição, com o objetivo de simplificar a rotina de arraçoamento para pequenas e médias pisciculturas, principalmente. Desse modo, uma eventual adaptação do manejo alimentar nesse perfil de empreendimento aquícola também seria facilitada, quando partimos do pressuposto de que nessas condições a disponibilidade de mão de obra qualificada é comumente menor, bem como há maior resistência na incorporação de processos inovadores e mais complexos.

Em estudo realizado por Abdel-Hakim et al. (2009) também verificou-se que os peixes com privação alimentar de um ou dois dias por semana consumiram mais ração do que o grupo controle no início do período de realimentação, que durou dois meses. Os peixes com um dia de privação alcançaram o peso final similar ao do grupo controle, ao final do período experimental. Enquanto isso os peixes com privação de três dias comeram mais que os outros grupos num curto intervalo, falhando em assimilar esse alimento e crescer bem. Rotta (2003) afirma que em algumas espécies, a presença de grande quantidade de alimento no estômago acelera a peristalse, facilitando o esvaziamento gástrico.

No presente ensaio, mesmo se tratando de uma restrição mais moderada, o tratamento 2 promoveu o comportamento de consumo compensatório de ração nos lotes de peixes em intensidade semelhante aos dos demais tratamentos. Isso pode ter proporcionado um aumento considerável no consumo total de ração para este grupo, quando comparado aos demais, que mantiveram a mesma intensidade (21 %), ainda que com maiores períodos de restrição em cada ciclo. Por outro lado, o tratamento 4 obteve uma redução no consumo total de ração mais pronunciada, em razão da aparente estabilização do efeito de consumo compensatório associado ao maior nível de restrição.

Ao tentar estabelecer um comparativo direto entre o presente ensaio e o de Abdel-Hakim et al. (2009), se percebe que a diferença nos resultados pode advir do fato de que no presente estudo não foi adotado um período adicional de realimentação final, comumente conhecido por período de recuperação. Além disso, a taxa alimentar adotada no outro ensaio foi fixada em 3 %, o material biológico era constituído por alevinos e a densidade de estocagem e biomassa total eram bem menores. De todo modo, é provável que com o período de recuperação os peixes tenham tido melhores condições e ou tempo para expressar o ganho de eficiência alimentar ou mecanismo biológico capaz de propiciar o ganho compensatório parcial ou completo.

Em termos gerais, para comparações mais apropriadas e justas, deve-se atentar ao protocolo experimental adotado nos ensaios, já que muitos fatores são determinantes. Um importante fator que deve ser considerado nessa linha de pesquisa é a duração e intensidade da realimentação, podendo essa ser controlada ou na forma “*ad libitum*”. Em geral, o efeito de compensação se dá quando há aumento do consumo de ração nos períodos subsequentes à restrição. No entanto, parece não haver amplo consenso quanto ao percentual máximo de limitação do consumo de ração na realimentação que possibilite alcançar um ponto ótimo econômico.

3.3.4 Fator de condição e Rendimentos de cortes comerciais

Os valores relativos a fator de condição e rendimento industrial dos cortes comerciais das tilápias submetidas aos manejos alimentares restritivos são apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Fator de condição (K), rendimento de filés com costela (RFC), rendimento de filés (RF), rendimento de gordura abdominal (RGA) e rendimento de contra-filé (RCF) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	K	RFC (%)	RF (%)	RGA (%)	RCF (%)
1	2,34	49,2	41,6	4,23	5,06
2	2,26	49,6	41,2	4,10	4,90
3	2,30	49,8	41,7	4,06	4,81
4	2,22	48,7	40,5	3,74	4,66
CV (%)	3,9	1,4	1,5	8,1	6,9

RF – filé com pele, “v” e aparas.

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

No presente ensaio, todos os lotes de peixes testados mantiveram seus fatores de condição e rendimentos de cortes comerciais similares ($P > 0,05$). O ganho compensatório ou qualquer outro benefício também advindo da adoção de planos alimentares restritivos deverá vir acompanhado por melhoria na eficiência alimentar dos peixes e manutenção do rendimento geral de carcaça. Do contrário, poderá acarretar em prejuízo econômico devido ao aumento excessivo de consumo alimentar e diminuição dos rendimentos industriais dos cortes.

O método de filetagem, mantendo a pele e costelas, feito manualmente, aumenta o valor do rendimento médio, com maior controle da variação, quando executado por pessoas treinadas (Turra, 2010). O procedimento de retirada de filé (RF) e filé com costela (RFC) do presente ensaio baseou-se no referido método, o que provavelmente, auxiliou na obtenção dos baixos coeficientes de variação (constantes na Tabela 5).

Ressalva-se que mesmo se os rendimentos de filé encontrados para as restrições mais severas tivessem sido significativamente menores, esses não teriam interferência sobre a rentabilidade do negócio quando o foco principal da piscicultura for mercado de peixe inteiro (vivo ou abatido) ou mesmo a venda à atacado para frigoríficos. A agroindústria estadual de pescados cultivados ainda não adota procedimentos padrões de tipificação de carcaça que assegurem o pagamento diferenciado ou mesmo bonificação por produtos com melhor padrão, maiores pesos finais e ou rendimentos de cortes.

Bosworth (2005) estudou o efeito de restrição alimentar em catfish (*Ictalurus punctatus*) (PMI=0,77 kg) cultivado em viveiros de 400 m² durante quatro semanas, sendo que um grupo foi alimentado uma vez por semana à saciedade e o outro grupo privado integralmente. Análises de componentes viscerais e do rendimento de carcaça e filés foram realizadas na segunda e quarta semana do ensaio. Curiosamente, detectou-se que apesar do rendimento de filés ter sofrido redução significativa o rendimento de carcaça não apresentou alteração expressiva nos peixes sob restrição alimentar.

Estudos como o de Turra (2010) tem verificado alta correlação entre o rendimento de filé com costela e o rendimento de carcaça, para linhagens comerciais de tilápia. Isso permite a constatação de que, no presente trabalho, provavelmente não tenha havido redução nos rendimentos de carcaça dos peixes testados, visto que as variações nos rendimentos de filé com costela não se mostraram significativas.

Conforme também observado nesse experimento, o fator de condição (K) não diferenciou significativamente entre os tratamentos, concordando com os resultados de Kim & Lovell (1995), ao trabalharem com bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) e Palma (2010) com juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Todavia, os resultados contrastam com as observações de Abdel-Tawwab et al. (2006) ao avaliarem o ganho compensatório em juvenis de tilápia-do-nylo submetidas a 1, 2, 3 e 4 semanas de restrição. Esse último autor destaca que a privação alimentar foi capaz de causar uma interrupção do crescimento corporal e esquelético.

O fato de registrarem valores de K similares entre os grupos com e sem privação alimentar, revela que, embora tenha havido diferença no peso final, isto não significa que os peixes menores sejam obrigatoriamente peixes magros.

3.3.5 Composição centesimal de carcaça

Aliado ao rendimento de carcaça, que caracteriza o aspecto quantitativo ou em termos de volume das partes comestíveis do pescado, a conservação da composição centesimal da carne do peixe também é relevante, pois informa se essa mantém sua integridade físico-química original.

Os dados de composição centesimal de carcaça das tilápias submetidas aos manejos alimentares restritivos são apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Umidade, proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), cinzas, cálcio (Ca) e fósforo (P) da carcaça de tilápia-do-nylo cultivada em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	Umidade (%)	PB (%MS)	EB (cal/g)	EE (%MS)	Cinzas (%MS)	Ca (%MS)	P (%MS)
1	65,17	53,72	5953,89	28,05	12,21	2,14	1,57
2	67,32	55,02	6197,60	25,45	10,95	2,54	1,77
3	65,69	55,18	5928,96	28,59	11,73	2,29	1,59
4	65,90	54,13	6366,92	24,85	11,28	2,27	1,71
CV (%)	3,88	5,15	6,17	10,99	12,58	28,57	26,80

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

A matéria seca (MS), umidade, proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), cinzas, cálcio (Ca) e fósforo (P) das carcaças dos peixes submetidos aos diferentes manejos alimentares mostraram-se similares estatisticamente ($P > 0,05$). Os resultados do presente ensaio contrastam com aqueles obtidos por Abdel-Hakim et al. (2009), que detectaram aumento dos conteúdos de umidade, cinzas e proteína na carcaça de juvenis híbridos de tilápia com privação alimentar de três dias por semana, comparado ao grupo controle, enquanto os valores de extrato etéreo e energia foram reduzidos.

De acordo com Love (1980), num jejum moderado, o peso corporal é mantido pela água para compensar a perda de matéria orgânica. Nesse sentido Souza (1998) observou que a utilização dos constituintes do corpo levou à hidratação do tecido, isto é, aumentou o conteúdo de água na carcaça de pacus (*Piaractus mesopotamicus*) sob restrições em períodos extensos.

Esses fatos podem levar a um mascaramento da real composição corporal de peixes sob processo de mobilização de tecidos (restrições severas e ou duradouras) pelo fato de que ao ocorrer substituição parcial em volume de determinados componentes tem-se a impressão de que os peixes estão mantendo o peso e composição de carcaça, sem quaisquer alterações significativas.

De todo modo, os resultados apresentados na Tabela 6 asseguram que não houve hidratação significativa da carcaça dos peixes experimentais.

Esses mesmos resultados estão em conformidade com as informações geradas por Tian et al. (2010). Esses autores verificaram que ao final do experimento a composição bioquímica dos peixes privados por quatro e oito dias foram similares a dos peixes do grupo controle, sugerindo que os juvenis de tongue sole (*Cynoglossus semilaevis*) submetidos a privação alimentar por curtos períodos e então alimentados à saciedade por 60 dias, não tiveram a qualidade de carne afetada.

Na avicultura industrial, a prática de restrição alimentar tem sido pesquisada como forma de manejo para melhorar a qualidade de carcaça, sem afetar o desempenho produtivo e econômico em aves. Os programas de restrição alimentar fundamentam-se em melhorar a eficiência alimentar, reduzindo a gordura abdominal e gordura total da carcaça das aves (Albarez, 1995; Zhan et al, 2007).

Na piscicultura, a aplicação de planos alimentares restritivos tem como objetivo principal a redução de custos com alimentação. Entretanto, é necessária a constatação das características nutritivas do pescado a fim de assegurar os benefícios gerados à saúde humana, bem como a manutenção da confiança e fidelidade do consumidor final.

Os dados de composição centesimal de carcaça demonstraram que os diferentes níveis e formas de restrição alimentar testadas não ocasionaram alteração significativa na qualidade de carcaça dos peixes. Portanto, assume-se que os peixes provenientes do referido ensaio, sob adequado peso final de abate, também estão aptos ao consumo, por atender ao padrão de qualidade nutricional da espécie.

3.3.6 Atividade de água na carcaça

A melhor medida da concentração de água nos produtos, do ponto de vista de propriedades físico-químicas e de conservação não é a sua porcentagem em peso, mas sim a sua atividade. A atividade de água equivale àquela água que está disponível para as reações físicas (evaporação), químicas (escurecimento) e microbiológicas, tornando-se a principal responsável pela deterioração do produto. Esta água pode ser medida e através do seu valor pode-se determinar a suscetibilidade do produto a degradação (BrasEq, 2014).

A velocidade das reações químicas desejáveis ou não, dependem da mobilidade e concentração dos compostos e enzimas envolvidos, que são conferidas pela quantidade de atividade de água. Quando não existe água disponível, a medida de atividade de água será igual a $A_a = 0,000$, porém, se a amostra é constituída em sua totalidade por água pura então $A_a = 1,000$. Portanto, as medições de A_a dos diversos produtos estão sempre compreendidas entre 0,000 e 1,000 (BrasEq, 2014).

O conteúdo de água sob alta coesão nas células, também conhecida como atividade de água (A_w), indica se a carne mantém sua integridade original bem como se há alguma interferência de manejo alimentar ou processamento sobre a qualidade e vida de prateleira do pescado. Os valores de atividade de água (A_w) da carcaça das tilápias submetidas aos manejos alimentares restritivos são apresentados na tabela 7.

Tabela 7. Atividade de água (A_w) da carcaça de tilápia-do-nilo cultivada em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	A_w
1	0,989
2	0,991
3	0,990
4	0,989

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

Os valores de atividade de água das carcaças dos lotes de peixes submetidos aos manejos alimentares restritivos foram similares entre si e quando comparados ao grupo controle ($P > 0,05$). Também foram semelhantes aos valores encontrados por Simões et al. (2007) e Araújo et al. (2013) para filés de tilápia-do-nilo, sendo esses produtos, portanto, classificados como alimentos com alto teor de umidade.

3.3.7 Índices somáticos e Morfometria do trato digestório

Os dados morfométricos de órgãos das tilápias submetidas aos manejos alimentares restritivos são apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Índice viscerossomático (IVS), índice hepatossomático (IHS), peso relativo do estômago (PRE), peso relativo do intestino (PRI) e comprimento do intestino (CI) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	IVS (%)	IHS (%)	PRE (%)	PRI (%)	CI (cm)
1	8,31	1,82	0,29	2,38	296,5
2	7,99	1,66	0,30	1,95	268,6
3	8,3	1,81	0,33	2,08	270,3
4	7,68	1,93	0,34	1,76	250,3
CV (%)	8,6	9,3	9,9	15,3	7,6

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

Não houve influência dos manejos alimentares restritivos em qualquer um dos índices morfométricos, bem como no comprimento de intestino, dos lotes de peixes analisados ($P > 0,05$). Esses resultados discordam daqueles obtidos por Abdel-Tawwab et al. (2006) que constataram redução do índice hepatossomático de juvenis de tilápia-do-nilo submetidas à períodos de restrição mais longos (1, 2, 3 e 4 semanas de restrição), seguidos de período de realimentação até completar 13 semanas.

Ao aplicarem as estratégias alimentares de dois dias de alimentação seguidos de dois de restrição (2A:2R) e cinco dias de alimentação seguidos por dois de restrição (5A:2R) à juvenis de whitefish (*Coregonus spp.*), Kankanen & Pirhonen (2009) observaram uma relação linear entre a quantidade de alimento ingerida na última refeição e o comprimento do estômago dos peixes, sugerindo aumento da capacidade de elasticidade do estômago dos mesmos. Os planos alimentares testados não propiciaram melhor aproveitamento do alimento. Mesmo havendo a confirmação da ocorrência de hiperfagia, não foi detectado aumento significativo no volume do estômago ou qualquer outro órgão do trato digestivo, nos peixes analisados nesse estudo.

É provável que mecanismos estruturais adaptativos como aquele referido pelos autores acima não promovam melhoria da eficiência alimentar dos peixes pelo fato de ocasionar um enchimento gástrico demasiado. Portanto, mesmo havendo a retenção de todo o bolo alimentar no interior do estômago, haveria perda de capacidade digestiva devido à fatores como superfície de contato, diluição excessiva de enzimas digestivas, transportadores de membrana, dentre outros.

Além do tamanho de seu estômago, os peixes comem o alimento disponível dependendo dos intervalos determinados pelo tempo gasto para esvaziar o mesmo. A velocidade de esvaziamento do estômago depende da temperatura, peso corporal, tamanho dos péletes, composição da ração e da frequência alimentar (Riche & Garling, 2003). O tamanho do estômago pode ser usualmente relacionado com o intervalo entre as refeições e o tamanho das partículas do alimento ingerido (Rotta, 2003).

Os resultados do presente trabalho discordam daqueles encontrados por Souza (1998), que verificou diminuição gradativa do índice hepatossomático (IHS) de juvenis de pacus (*Piaractus mesopotamicus*), com diferenças mais acentuadas entre 7 e 60 dias de restrição alimentar. A autora comenta que a redução no índice foi decorrente da mobilização das reservas de lipídio e glicogênio. Rios et al. (2002) apoiaram tais afirmações, quando mencionam que esses tipos de avaliações se justificam pelo fato de que a dinâmica de utilização da energia endógena pode ser parcialmente monitorada através de índices morfológicos como o fator de condição, o índice hepatossomático e o índice gorduroviscerossomático.

O fato do presente ensaio ter adotado períodos de privação alimentar bem mais curtos pode ter sido decisivo pois, em acordo com as análises dos metabólitos plasmáticos (triglicérides e colesterol), conclui-se que há coerência quanto à manutenção dos IHS dos lotes de peixes pertencentes aos distintos tratamentos.

3.3.8 Histologia do intestino (altura de vilosidades)

Conforme mostrado na tabela 9, a altura de vilosidades do intestino das tilápias submetidas aos respectivos manejos restritivos alimentares não foi alterada de forma significativa.

Tabela 9. Altura de vilosidades (μm) do intestino de tilápia-do-nilo cultivada em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	Altura de vilosidades do intestino (μm)
1	486,50
2	497,91
3	499,59
4	498,22
CV (%)	8,52

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

O processo de absorção de nutrientes é totalmente dependente dos mecanismos que ocorrem na mucosa intestinal. Desta forma, a integridade não pode ser comprometida, pois influencia diretamente a produtividade dos animais, devendo permanecer saudável e funcional por toda a vida (Santos, 2010).

Ainda são muito incipientes os dados que correlacionam alimentação e adaptações histológicas do trato gastrointestinal de organismos aquáticos (Lundstedt, 2003). Vários fatores podem ser responsáveis pela alteração da estrutura e função de órgãos e tecidos. Kultz & Jurss (1991) comentaram que elementos estruturais (ácidos graxos e ou aminoácidos) podem ser limitantes após períodos extensos de privação alimentar. No presente estudo não foi possível identificar alteração histológica significativa do intestino, em termos de altura de vilosidades, em consequência do efeito acumulativo, ou seja, repetição de ciclos restritivos.

Enquanto pesquisadores como Reoperez et al. (1993) concordaram que a altura das vilosidades intestinais está atrelada à presença de nutrientes, estudiosos como Al-Hussaini & Kholly (1953) defenderam que a morfologia do intestino de tilápias mantém sua forma definitiva semelhante ao padrão encontrado em tilápias-do-nilo selvagens, alinhando-se com as suposições de Tengjaroenkul (2000), que sugere que a genética de peixes provavelmente apresenta maior influência sobre a morfologia intestinal do que os recursos alimentares.

Apesar do reconhecido efeito da composição das dietas e da resiliência gerada pelo fator genético, é necessário determinar quais os tipos e níveis de restrição alimentar são realmente capazes de provocar alterações na morfologia e estrutura do trato-gastrointestinal das principais espécies comerciais. E ainda, descobrir quais mecanismos adaptativos são usualmente acionados pelo organismo animal para minimizar os efeitos negativos da privação alimentar.

É importante ressaltar que o presente ensaio não impôs uma restrição alimentar severa aos peixes, visto que sistemas de águas verdes disponibilizam alimentos naturais de forma contínua a peixes filtradores como a tilápia-do-nilo. Nesse sentido, a presença de alimento natural pode ter abrandado a privação alimentar imposta aos peixes por meio da supressão de ração comercial em dias consecutivos.

De qualquer modo, nos protocolos experimentais, além da verificação da ocorrência de ganho em massa de órgãos digestivos de peixes submetidos à planos com restrição, avaliações histológicas podem confirmar se o órgão sofre algum efeito deletério em situações de restrição mais severa ou em ciclos subsequentes (efeito acumulativo). Ao serem constatadas expressivas alterações em termos de massa e ou tamanho desses órgãos, a histologia também poderá atestar se a estrutura tecidual padrão é mantida, o que pode dar evidências quanto à manutenção da eficiência absorptiva dos mesmos.

Com base nesses conhecimentos talvez seja possível desenvolver métodos indiretos de estimativa da eficiência digestiva dos peixes sob condições de restrição e pós-restrição, à partir de dados morfométricos e histológicos dos principais órgãos digestivos.

3.3.9 Metabolismo energético intermediário (parâmetros sanguíneos)

Em avaliações sobre crescimento compensatório e ou outros benefícios trazidos pela adoção de programas alimentares restritivos para peixes, deve-se buscar subsídios fisiológicos para auxiliar na compreensão da dinâmica metabólica do animal, nessas circunstâncias. Saether & Jobling (1996) comentaram que embora o consumo diário de ração tenha acompanhado o crescimento dos peixes, esta variável isolada não pode explicar as taxas de crescimento encontradas, devendo-se considerar os fatores fisiológicos presentes.

Alguns parâmetros sanguíneos relacionados ao metabolismo energético intermediário das tilápias submetidas aos manejos alimentares restritivos são apresentados na tabela 10.

Tabela 10. Médias dos parâmetros sanguíneos: glicemia (GLICOSE), triglicerídeos (TRIG), colesterol (COLEST) e proteínas totais (PROT) de tilápia-do-nilo cultivada em sistema semi-intensivo com água verde (viveiro), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	Metabólitos plasmáticos			
	GLICOSE	TRIG.	COLEST.	PROT.
	mg dL-1	mg dL-1	mg dL-1	g dL-1
1	106,47	33,27	23,18	1,10
2	105,22	23,53	21,58	1,38
3	110,06	34,83	26,57	1,44
4	115,07	36,07	24,62	1,82
CV (%)	10,35	41,96**	22,90	21,45

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

**A instabilidade de algumas variáveis qualitativas justifica os coeficientes de variação elevados encontrados neste trabalho.

Os tratamentos não influenciaram de forma expressiva os níveis plasmáticos de glicose, triglicerídeos, colesterol e proteínas totais dos peixes pertencentes aos diferentes grupos experimentais ($P > 0,05$).

Esses resultados estão em acordo com vários outros estudos que têm demonstrado que a realimentação resulta em recuperação do glicogênio hepático e muscular, glicose sanguínea, aminoácidos, lipídio do fígado, ácidos graxos livres plasmáticos, proteína total plasmática, como também, da composição corporal, aos níveis normais (Kamra, 1966; Ince & Thorpe, 1976; Love, 1980; Black & Love, 1986; Shimeno et al., 1990; Blasco et al., 1991; Souza, 1994; Bohm et al., 1994; Collins & Anderson, 1995; Hung et al., 1997) (citados por Souza, 1998). Estudos mais recentes também elucidam a habilidade de recuperação após períodos de privação alimentar em várias espécies como *Rhamdia hilarii* (Machado et al, 1998); juvenis de tilápia-do-nilo (Abdel-Tawwab et al, 2006); juvenis de pirapitinga "*Piaractus brachypomus*" (Rodríguez & Landines, 2009); juvenis de sea bream (Perez et al, 2011); sea bass "*Dicentrarchus labrax*" (Chatzifotis et al, 2011), dentre outras.

Entre as refeições, os teores adequados de glicose sanguínea são mantidos pela hidrólise do glicogênio hepático. Quando o fígado esgota seu suprimento de glicogênio (jejum ou exercícios), a gliconeogênese fornece a quantidade apropriada de glicose para o organismo.

Assim, o processo de gliconeogênese assume um papel fundamental durante o período de jejum, quando o glicogênio hepático esgotou suas reservas no fígado (Silveira et al., 2009).

Sob condições de restrição alimentar total, Soengas et al.(1998), determinaram que há uma diminuição significativa da glicemia a partir do 4º dia de jejum, mantendo-se ao menos até o 14º dia, quando ocorreu o término do experimento. Ao avaliar o ganho compensatório em juvenis de tilápia do Nilo, Abdel-Tawwab et al. (2006) relataram que os peixes sob restrição exibiram redução da concentração de glicose no sangue, sendo que o grupo privado por quatro

semanas permaneceu com os níveis de glicose menores comparado aos dos demais tratamentos, mesmo após a realimentação até a 13ª semana.

Diante do exposto e ao considerarmos que a maior privação alimentar testada não superou três dias consecutivos, verifica-se boa consistência dos resultados para glicemia no presente estudo.

Méndez & Wieser (1993) verificaram que os valores máximos de glicogênio corporal em *Rutilus rutilus* apareceram aos sete dias de realimentação, retornando aos valores normais após um período de 14 dias de realimentação. Em contrapartida, Doraswamy Reddy et al. (1988) informaram uma redução em relação aos valores do grupo controle da ordem de 35 % e 30 % em tilápias submetidas a 30 dias de jejum após 15 e 30 dias de realimentação, respectivamente. Esses autores concluem que nessa espécie, o jejum prolongado pode ter efeitos deletérios sobre o metabolismo de carboidratos.

Barcellos et al. (2010) avaliaram o efeito de períodos de jejum curtos (1 a 21 dias) sobre o metabolismo energético de adultos da espécie jundiá (*Rhamdia quelen*). Os valores de glicose sanguínea permaneceram inalterados durante os períodos de jejum com uma inexpressiva variação para todos os grupos, exceto para o grupo com privação alimentar de um dia, no qual houve elevação das concentrações.

Baseado nesse tipo de informação é imperativo que o pesquisador faça a distinção clara entre tratamentos restritivos configurados em ciclos subsequentes ou em fase única, a fim de verificar se os mesmos podem impor algum efeito acumulativo ou até mesmo deletério sobre o organismo dos peixes testados.

No ensaio em questão, não foi possível dissociar nitidamente o efeito direto dos ciclos restritivos subsequentes dos efeitos da privação alimentar em dias, propriamente dita.

Entretanto, conforme outros parâmetros avaliados, é provável que menores períodos de privação alimentar permitam rápida recuperação e previnam da depreciação na qualidade de carcaça de peixes submetidos à programas de restrição alimentar. Concordando com esses apontamentos Abdel-Tawwab et al. (2006) recomendam que a privação alimentar não exceda uma semana.

Em geral, durante a privação alimentar os peixes utilizam primeiramente as reservas de energia estocadas na forma de glicogênio hepático, sendo as reservas de lipídios utilizadas em seguida e por fim a mobilização das proteínas a partir do músculo esquelético (Perez-Jimenez et al., 2007; Barcellos et al., 2010).

Durante o jejum, o estoque de lipídios, especialmente os triglicerídeos, constitui a principal fonte de energia para a manutenção das atividades basais do peixe, quando, então, pode ocorrer perda de 40 a 50 % no peso do animal (Weatherley & Gill, 1987). No presente ensaio não foi verificada alteração significativa nos conteúdos plasmáticos de glicose, lipídios (triglicérides e colesterol) e proteínas totais, em comparação ao grupo controle, o que indiretamente sinaliza a não ocorrência de mecanismos de ajustamento energético utilizando fontes endógenas musculares.

A duração dos períodos de jejum e realimentação constitui-se em fator importante na determinação da dinâmica de adaptação, visto que pode condicionar a priorização de uma ou outra via metabólica (Vigliano et al., 2002).

No entanto, minucioso levantamento bibliográfico indica não haver, aparentemente, um consenso para a caracterização mais precisa dos tipos de jejum programado em peixes, quanto ao seu tempo de duração e intensidade. A classificação do tipo de jejum quanto à sua duração em curto (até 7 dias), médio (de 1 a 4 semanas) e extenso (acima de 1 mês), bem como uma distinção prática entre jejum moderado ou severo, facilitaria o aparelhamento de informações à cerca do tema, bem como a comparação mais apropriada de dados de pesquisa.

Observa-se que a maioria dos autores concordam que privações alimentares por período superior a uma semana trazem consequências negativas maiores ao desempenho dos peixes, podendo em alguns casos, até mesmo deprimir a habilidade de recuperação dos mesmos após período de realimentação. Fox et al. (2009) observaram perda de peso e redução da taxa de crescimento específico em tilápias (*O. niloticus*) com apenas uma semana de jejum. Esse tipo de informação pode facilitar a formação de consenso para a caracterização mais clara de jejuns em moderados e severos para algumas espécies comerciais, desde que outro fator intrínseco da espécie não tenha interferência considerável.

Ao avaliarem a recuperação das reservas lipídicas no fígado de *Rhamdia hilarii*, Machado et al. (1988) verificaram um incremento das mesmas da ordem de 300 % em relação aos valores do grupo controle, em peixes submetidos a um tratamento constituído por 30 dias de jejum + 2 dias de realimentação. Ao aplicarem duas estratégias de restrição alimentar em sea bass (*Dicentrarchus labrax*), Chatzifotis et al. (2011) observaram que as fontes de energia depositadas sob a forma de glicogênio e lipídios são totalmente recuperadas após a realimentação no grupo submetido à ciclos de dois dias de restrição seguidos de dois dias de alimentação (2R-2A) e que o músculo branco foi menos afetado pelo regime alimentar do que o fígado.

Esses dados induzem ao entendimento de que tal acumulação de reservas acima dos valores normais no pré-jejum pode estar relacionado a uma estratégia metabólica que possibilite rápida captação da energia contida nos alimentos para sua posterior redistribuição no organismo, em condições adversas.

De outro lado, Ali et al. (2003) e Santos, et al. (2013) afirmaram que a habilidade dos peixes em apresentar crescimento compensatório após a privação alimentar não depende exclusivamente da capacidade da espécie em usar as reservas endógenas durante o jejum, podendo estar mais relacionada ao restabelecimento da homeostase durante o período de realimentação.

Essa hipótese é reforçada por Chan et al. (2008) quando avaliaram o efeito de ciclos restritivos sobre a atividade proteolítica em tilápia (*O. mossambicus*). Os mesmos autores concluíram que um dia de realimentação após jejum (3, 5 e 7 dias) é insuficiente para levar à recuperação e ativação do crescimento nos peixes.

Essas constatações influenciaram na configuração do ensaio do presente trabalho, no qual se buscou garantir pelo menos dois dias (48 h) para os períodos de realimentação, a fim de explorar a teoria de que haveria recuperação total das reservas energéticas após as privações alimentares estabelecidas.

Em vista dos indicadores físico-químicos, morfofisiológicos e histológicos avaliados nos peixes dos referidos experimentos, aparentemente, esse objetivo foi alcançado.

Considerando o exposto acima, suspeita-se que os níveis de glicose sanguínea na maioria dos peixes comerciais sob jejum total perduram por um período de dias, em virtude da glicogenólise hepática. O conhecimento quanto à duração precisa das reservas energéticas no sangue e tecidos corporais, sob diferentes arranjos de restrição alimentar programada e nas diferentes espécies comerciais (tamanho e escore corporal), pode contribuir muito na definição de estratégias alimentares que proporcionem maior otimização do alimento e um melhor acabamento de carcaça, evitando, por exemplo, que o acúmulo excessivo de lipídios ou conteúdo de água deprecie a qualidade final do produto em termos de rendimento industrial e vida de prateleira.

3.3.10 Projeções e Análises econômicas

Na grande maioria dos trabalhos revisados não foram realizados estudos econômicos mais ponderados, buscando elucidar o nível de eficiência econômica, bem como as implicações financeiras da dedução de determinados insumos e recursos, quando da aplicação das diferentes estratégias alimentares restritivas no cultivo de peixes comerciais.

Ressalta-se ainda que a estrutura produtiva e as rotinas utilizadas no presente estudo se assemelham às condições de campo de pisciculturas comerciais da região. Saita (2010) comenta que muitos dos estudos utilizam como forma de avaliação do crescimento compensatório animais confinados em um ambiente que não assemelha ao seu habitat natural ou de cultivo.

A utilização de instalações experimentais semelhantes às de cultivo proporciona certa similaridade com a realidade dos produtores, fazendo com que os resultados possam ser altamente aplicados.

Em alguns casos, os métodos estatísticos tradicionais não são os mais apropriados para a análise de relações ou fatores como a conversão alimentar. Nesse sentido, o trabalho propõe a utilização da conversão alimentar como indicador econômico, permitindo assim que a partir desse parâmetro sejam executadas projeções e análises de cenários. Dessa forma, a análise econômica pode servir como suporte analítico à avaliação zootécnica, possibilitando a inclusão de outras variáveis de influência sobre o resultado econômico da atividade, como por exemplo, os retornos de escala.

Existem vários métodos relativos à avaliação da viabilidade econômica de um investimento. Entretanto não existe um critério único aceito por consultores econômicos, órgãos e instituições de financiamento, comunidade acadêmica e empresários (Contador, 1981). Assim, o presente estudo buscou elucidar alguns indicadores econômicos a partir do custo alimentar aferido nos diferentes manejos alimentares restritivos testados.

Na tabela 11 são apresentados alguns índices de rentabilidade para cada tratamento, bem como um comparativo, em termos percentuais, com o grupo controle.

Tabela 11. Dados de receita bruta média (RBM), custo com alimentação (CuA), margem bruta média (MBM), margem bruta relativa (MBR), rentabilidade média (RM) e índice relativo de rentabilidade (IRR) do sistema semi-intensivo em viveiro escavado (1 ha), em função da estratégia de restrição alimentar imposta, sem dedução de mão de obra.

Itens	Estratégia alimentar*			
	1	2	3	4
RBM (R\$) ¹	4,28	3,38	3,38	3,38
CuA (R\$) ²	2,96	2,34	2,34	2,34
MBM (R\$) ³	1,32	1,04	1,04	1,04
MBR (%) ⁴	100,0	79,0	79,0	79,0
RM (%) ⁵	44,41	44,41	44,41	44,41
IRR (%) ⁶	100,0	100,0	100,0	100,0

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

Os resultados revelam que os maiores custos com alimentação (CuA) foram observados para o grupo controle. De outro lado, a maior margem bruta (MBM e MBR) foi apresentada pelo mesmo grupo controle, em razão do maior peso médio final alcançado pelos lotes de peixes alimentados continuamente e à saciedade aparente.

No presente ensaio, se verificou que o custo alimentar atribuído aos manejos restritivos obteve valor distinto e menor quando comparado ao custo alimentar do grupo controle. Apesar dos grupos 2 e 3 terem apresentado consumo total de ração similar ao grupo controle, não houve alteração significativa na conversão alimentar dentre esses grupos e os demais ($P > 0,05$), de acordo com o nível de significância tradicionalmente adotado nos testes estatísticos. Nesse sentido, é importante salientar que as variáveis utilizadas no cálculo de custo com alimentação foram ganho de biomassa médio e conversão alimentar, sendo que a conversão alimentar considerada representava a média desse parâmetro para todos os grupos testados.

Todavia, ao utilizar uma análise estatística um pouco menos rigorosa, encontrou-se distinção significativa para a conversão alimentar dos grupos experimentais ($P < 0,2\%$), fazendo com que fossem formados dois grupos em relação à essa variável ($T1=T4$ e $T2=T3$). A partir desses dados pode-se inferir que a redução no volume total de ração consumida no grupo 4, em consequência da específica estratégia e efetiva restrição alimentar, pode ocasionar a manutenção da conversão alimentar dos peixes em 80 % dos casos.

Além disso ficou evidenciado que a piora na conversão alimentar dos grupos 2 e 3 advém do consumo compensatório de ração pelos lotes de peixes no período pós-restrição, em condições de realimentação à saciedade.

Esse tipo de constatação se dá de forma mais pronunciada em avaliações de programas restritivos na avicultura. Ao adotar a realimentação à saciedade em ensaio de restrição alimentar com aves, Figueiredo et al. (1998) verificaram que o custo médio de arraaçamento das aves submetidas à restrição alimentar foi 1,64 % superior ao do grupo controle, mostrando que as aves sob restrição apresentaram, em média, maior consumo de ração que as aves do grupo controle. O índice de rentabilidade relativo do grupo controle foi 3,31 % superior ao de aves submetidas à restrição alimentar, refletindo os piores valores de conversão alimentar destas aves.

Em consonância com essas últimas informações, e conforme os dados apresentados na Tabela 11, observa-se que o índice de rentabilidade relativo (IRR) do grupo controle do presente ensaio foi similar ao dos grupos submetidos à restrição por 1, 2 e 3 dias consecutivos.

Ao avaliar os efeitos da utilização de ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação em semanas no crescimento de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), durante o período de engorda, bem como a viabilidade econômica desta prática Souza et al. (2003) observaram que a biomassa do tratamento controle (*ad libitum*) foi 71,51 % superior à do C (seis semanas de restrição seguido de sete semanas de realimentação) e, conseqüentemente, sua receita líquida parcial foi 28,42 % superior à do referido tratamento. Corroborando com esses resultados, o ganho individual médio em biomassa do grupo controle foi 20,0 % superior ao dos demais grupos, no presente ensaio, bem como sua receita bruta média (RBM) foi 20,0 % superior.

Apesar da rentabilidade do tratamento 4 não ter sido maior que àquela observada para o grupo controle, é interessante avaliar que essa estratégia possui melhor potencial de resposta econômica, visto que esses grupos apresentaram menor consumo total de ração. Em termos práticos, numa situação em que o piscicultor não consiga contratar ou negociar com o funcionário/tratador para dedicação em fins de semana, ou mesmo por motivo alheio à sua vontade tenha que dispensá-lo temporariamente, provavelmente seria mais interessante adotar a privação alimentar em três dias consecutivos ao invés de um ou dois dias.

A obtenção de melhor conversão alimentar com menor oferta de ração são relevantes, ao se considerar o elevado custo do alimento para a produção animal (Van Ham et al., 2003). Nebo (2011) verificou que cinco e dez dias de restrição não afetaram o desempenho, morfologia e crescimento muscular em juvenis de tilápia. Isso demonstra a importância da compreensão dos efeitos de estratégias alternativas de alimentação no crescimento muscular em peixes, com vistas a minimizar os custos de produção.

Seguindo essa linha de trabalho, Palma et al. (2010) verificaram que ao optar pela estratégia de cinco dias de alimentação à saciedade seguidos por dois dias sem ração em ciclos semanais (5A/2R) o piscicultor poderá ter uma redução na quantidade de ração ofertada da ordem de 22,5 %. Em estudo similar com juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) sob esquema de seis dias de alimentação à saciedade seguidos por um dia sem ração em ciclos semanais (6A/1R) e três dias de alimentação à saciedade seguidos por um dia sem ração em ciclos de quatro dias (3A/1R), Oda et al. (2004) observaram economia no volume de ração consumida em cerca de 25 %.

Entretanto, o presente trabalho atesta que nem toda ou qualquer redução nos custos de alimentação poderá efetivamente aumentar a renda dos piscicultores. Para tal, seria necessário levar em consideração outros itens de custo, para que por meio da gestão com foco no resultado, a somatização de ações implique em aumento real das margens de lucro da piscicultura.

Ao analisar economicamente o bicultivo de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) com o piauçu (*Leporinus macrocephalus*) em viveiros escavados em São Paulo, Furlaneto et al. (2009) constataram que os itens mais onerosos no custo de produção das duas espécies referem-se à alimentação (73,4 % e 71,9 %), mão de obra (14,0 % e 15,5 %), aquisição de alevinos (5,3 % e 4,6 %) e gastos com as operações de máquinas (4,9 % e 5,4 %) do custo operacional efetivo, respectivamente.

A cada dia um maior número de segmentos do agronegócio estão avaliando criteriosamente a participação efetiva de cada item no custo total de seus produtos, sejam eles commodities ou bens finais. Com isso, tem-se verificado em alguns casos que a eficiência econômica advém não somente da produtividade, mas também da forma com que os insumos e mão de obra são alocados.

A partir das projeções previstas para pisciculturas hipotéticas com 1, 8 e 50 hectares de área produtiva, fez-se novas avaliações econômicas da atividade considerando a otimização da mão de obra empregada exclusivamente nas operações de arraçoamento. As margens brutas relativas (MBR) obtidas para cada um dos tratamentos, em cada um dos referidos portes de piscicultura, estão ilustrados na figura 5.

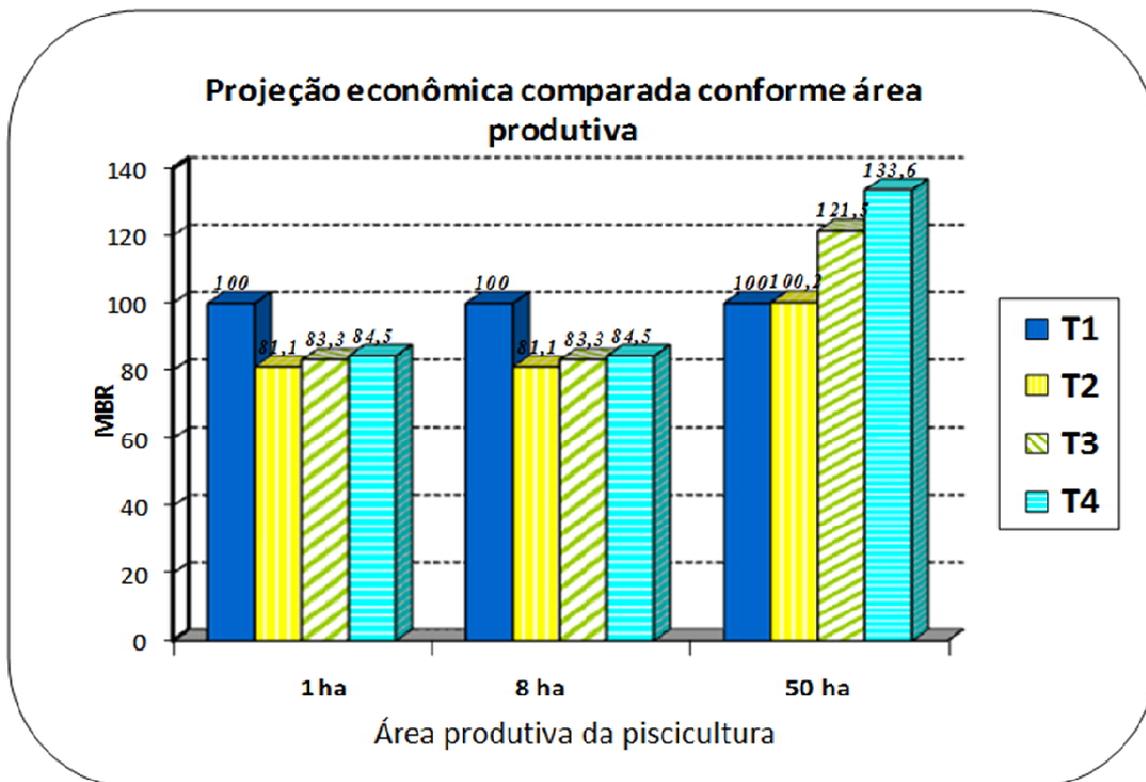


Figura 5. Margens brutas relativas (MBR) obtidas das projeções econômicas de três pisciculturas hipotéticas em viveiro escavado, com diferentes áreas produtivas, conforme dedução de mão de obra exclusivamente empregada nas operações de arraçamento e nas diferentes estratégias alimentares restritivas aplicadas.

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

A privação por três dias consecutivos na piscicultura com porte de 50 ha propiciou um incremento de 33,6 % na margem bruta relativa em comparação ao grupo controle.

O fator diferencial de um empreendimento em pequena escala para outro de média escala é o custo fixo; já em um empreendimento de média a grande escala, o fator diferencial é o custo variável (Vera-Calderón & Ferreira, 2004).

A mão de obra se comporta de forma arbitrária na dinâmica de custos de um empreendimento, pois um funcionário subutilizado pode onerar o custo final do produto, enquanto que outro otimizado leva à maior diluição de custos, permitindo maior eficiência econômica ao negócio.

A tabela 12, por sua vez, mostra outras informações geradas pela projeção baseada na piscicultura com 50 ha de área produtiva.

Tabela 12. Projeções econômicas para piscicultura em viveiros escavados, com 50,0 ha de área produtiva, adotando-se dispensa parcial de mão de obra exclusivamente empregada na operação de arraçamento.

Trat.*	CA ¹	Produção estimada para 50ha ^{2***} (kg/ciclo)	Custo alimentar ³ (R\$/ciclo)	Redução de mdo arraçamento ^{4***} (horas/ciclo)	Índice redutor ⁵ (R\$/ciclo)	Gasto alimentar total deduzido ⁶ (R\$/ciclo)	Receita total ⁷ (R\$/ciclo)	Custo alimentar total deduzido ⁸ (R\$/ciclo)	MBM deduzida ⁹ (R\$/ciclo)	MBR deduzida ¹⁰ (%)
1	1,61	43056,00	69320,16			69320,16	200.210,40	138.640,32	61.570,08	100,0
2	1,61	34023,60	54778,00	1250	6533	48245,03	158.209,74	96.490,05	61.719,69	100,2
3	1,61	34023,60	54778,00	2500	13066	41712,06	158.209,74	83.424,12	74.785,62	121,5
4	1,61	34023,60	54778,00	3750	16799	37978,93	158.209,74	75.957,87	82.251,87	133,6

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

**Piscicultura em viveiros escavados de grande porte (50,0 ha de área alagada);

***Contabiliza dedicação efetiva de funcionário no arraçamento. Mês com 4 fins de semana, sem feriado e ciclo de 5 meses (terminação - ensaio experimental). Regime de trabalho: integral + horas extras (sábado) e repouso remunerado (domingo).

¹Conversão alimentar estatisticamente igual ($P > 0,05$) para todos os grupos;

²Peso médio final, densidade em viveiros de 100 m² e sobrevivência de 93,5 % na terminação (produção estanque);

³Dados da primeira análise de rentabilidade (sem aplicar o índice redutor da mão-de-obra);

⁴Média calculada a partir de dados de Literatura: dedicação de 1,25 h/dia/tratador/1 ha viveiro escavado;

⁵Equivalente mão de obra – ração, sendo a hora-homem normal igual a R\$ 5,97 e preço médio da ração de terminação à R\$ 2,00/kg;

⁶Resultado da multiplicação da biomassa produzida pelo custo alimentar unitário;

⁷Resultado da multiplicação da produção estimada pelo preço de venda no atacado (R\$ 4,65/kg vivo);

⁸Custo alimentar após dedução de custo com mão de obra empregada no arraçamento por ciclo;

⁹Margem bruta média após dedução do custo com mão de obra empregada no arraçamento;

¹⁰Margem bruta relativa após dedução do custo com mão de obra empregada no arraçamento.

Com os novos custos alimentares unitários, resultantes da dedução das respectivas frações de mão de obra, foi possível calcular a margem bruta média deduzida para os referidos manejos alimentares restritivos.

A partir dos dados mostrados acima, verifica-se que o tratamento 4 alcançou maiores margens brutas em comparação a todos tratamentos, inclusive o grupo controle. Além disso, a dedução parcial de mão de obra na composição de custos com alimentação consubstanciou em incremento de 54,6 % na margem bruta relativa no referido tratamento.

As produtividades da mão de obra para as estratégias alimentares adotadas no presente estudo são afetadas de forma significativa, conforme pode ser observado na tabela 13, abaixo.

Tabela 13. Indicadores de rendimento da mão de obra conforme manejo alimentar restritivo em sistema semi-intensivo com águas verdes e projeção baseada em piscicultura com 50 ha de área produtiva.

Indicadores de rendimento operacional (ciclo produtivo)	Estratégias alimentares restritivas*			
	1	2	3	4
Horas-homem (HH) ¹	9.375	8.125	6.875	5.625
Dias-homem (DH) ²	1.171,9	1.015,6	859,4	703,1
Produtividade da mão de obra (PDMO) ³	36,74	33,64	39,7	47,92

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

¹Horas-Homem (HH) – número de horas dedicadas exclusivamente ao arraçamento das unidades produtivas, por ciclo (HH = n° horas/homem/dia x n° de dias x n° de meses x n° de hectares); ²Dias-Homem (DH) = número de dias dedicados exclusivamente ao arraçamento das unidades produtivas, por ciclo (período experimental) (DH = HH/8);

³Produtividade da mão de obra (PDMO) = rendimento da mão de obra dedicada exclusivamente ao arraçamento das unidades produtivas em função do ganho em biomassa no período avaliado, em quilogramas (PMDO = DH/GB).

A partir dos dados da tabela 13, observa-se que o tratamento 4 (4A:3R) obteve 30 % a mais na produtividade de mão de obra quando comparado ao grupo controle.

Análises de sensibilidade:

A análise de sensibilidade é um tipo de análise efetuada no âmbito dos estudos de análise de viabilidade econômica e financeira e que tem como objetivos medir a sensibilidade dos indicadores de viabilidade a determinadas variáveis fundamentais da análise e assim medir o próprio grau de incerteza e de risco das conclusões obtidas. De fato, qualquer estudo de viabilidade econômica e financeira inclui sempre algum grau de incerteza o qual, apesar de poder ser reduzido através de detalhados estudos de mercado, nunca deixa de existir. Para ultrapassar esta situação, e de forma a que as conclusões do estudo apresentem maior margem de segurança, é habitual estabelecer mais do que um cenário: geralmente um cenário realista (o que serve de base ao estudo), um cenário muito pessimista, um cenário medianamente

pessimista, um cenário otimista e um cenário muito otimista. Para isso são simuladas variações positivas e negativas nas vendas e nos custos (Santos et al., 2001).

Quando aplicados ao segmento de produção animal os estudos de cenários permitem antever situações passíveis de ocorrência e, mais importante ainda, desenhar ações conjecturadas para prevenir e ou mitigar possíveis prejuízos financeiros decorrentes. Silva & Bezerra (2004) comentaram que a análise de sensibilidade tem como objetivo testar a estabilidade do projeto em termos de sua rentabilidade e assim avaliar a influência de variações em determinados parâmetros como preços dos insumos e do produto sobre os resultados básicos do projeto.

As tabelas apresentadas a seguir mostram a análise da rentabilidade do projeto, avaliando-se o grau de sensibilidade dos resultados obtidos quanto à fatores exógenos, tais como variações ou oscilações nos preços da ração, custo de mão de obra (remuneração básica) e preços de venda no atacado (frigorífico).

Considerando os diferentes manejos alimentares restritivos aplicados, verifica-se por meio das tabelas 14, 15 e 16, apresentadas abaixo, que a rentabilidade bruta relativa da piscicultura de grande porte é influenciada pela variação nos preços da ração, preço de venda e valores de remuneração básica.

Tabela 14. Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação de preços da ração comercial, considerando projeções para piscicultura em viveiro escavado com 50,0 ha e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçoamento.

Tratamentos*	Variação nos preços da ração (R\$/kg)				
	10 % inferior	5 % inferior	R\$2,00**	5 % superior	10 % superior
1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	96,3 %***	98,1 %	100,2 %	102,9 %	106,4 %
3	113,7 %	117,2 %	121,5 %	126,8 %	133,8 %
4	123,6 %	128,1 %	133,6 %	140,5 %	149,4 %

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

**Preço corrente de ração comercial 32 % PB para terminação de tilápia do Nilo.

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como referência o grupo controle (100%).

Nota-se que quanto maior o preço da ração, maiores são as margens brutas relativas alcançadas via adoção do manejo alimentar restritivo concernente aos tratamentos 2, 3 e 4, sendo esse último o que apresenta valores maiores em cada faixa de preço analisada. Na prática, essa informação revela que o manejo alimentar restritivo é capaz de maximizar o ganho econômico em situações de alta de preços de insumos como soja e milho, como também quando a logística for desfavorável, acarretando em maior custo final da ração.

Tabela 15. Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e do aumento no valor de mão de obra (salário base), considerando projeções para piscicultura em viveiro escavado com 50,0 ha e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçoamento.

Tratamentos*	Valor de mão de obra (salário base - R\$)				
	SM**	10 % superior	20 % superior	30 % superior	40 % superior
1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	100,2 %***	102,4 %	104,5 %	106,6 %	108,7 %
3	121,5 %	125,7 %	130,0 %	134,2 %	138,4 %
4	133,6 %	139,0 %	144,5 %	150,0 %	155,4 %

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

**SM = Salário mínimo.

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como base o grupo controle (100 %).

O aumento no custo de mão de obra tem grande implicação no resultado econômico da piscicultura. Percebe-se pela tabela 15 que com aumentos crescentes no valor pago à categoria de mensalista (funcionário contratado), as estratégias alimentares restritivas possibilitaram aumento linear nas margens brutas relativas do negócio, com valores mais pronunciados para o tratamento 4.

Tabela 16. Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação nos preços de venda do pescado (kg vivo), considerando projeções para piscicultura em viveiro escavado com 50,0 ha e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçoamento.

Tratamentos*	Preço de Venda (R\$/kg)				
	10 % inferior	5 % inferior	R\$4,65**	5 % superior	10 % superior
1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	110,5 %***	104,4 %	100,2 %	97,3 %	95,0 %
3	141,9 %	129,7 %	121,5 %	115,5 %	111,0 %
4	159,9 %	144,2 %	133,6 %	126,0 %	120,2 %

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

**Preço de venda (em kg vivo) pago por Frigorífico especializado.

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como referência o grupo controle (100 %).

Ao elevar o preço de venda, as margens brutas relativas para os tratamentos 2, 3 e 4 tendem a reduzir, sendo que o grupo 2 passa a proporcionar margem bruta relativa menor que o grupo controle, a partir de 5 % de aumento no preço de venda do pescado. Isso pode ser explicado pelo fato de que o preço de venda tem expressiva implicação sobre a renda bruta

média do tratamento controle, haja vista que os lotes pertencentes a esse grupo obtiveram maior biomassa final (maior GPD). Já os insumos exercem grande influência sobre os resultados econômicos quando da aplicação dos tratamentos restritivos, pelo fato de atuarem com maior intensidade sobre o custo alimentar unitário.

Por sua vez, as estratégias alimentares restritivas, baseadas nos tratamentos 3 e 4, apresentaram boa capacidade de atenuação do reflexos negativos do aumento de preço de venda sobre as margens brutas relativas, ao manter rentabilidades maiores que a do grupo controle nos cenários analisados.

Com base nos resultados da análise de sensibilidade, o manejo restritivo com 3 dias de privação consecutivos (4A:3R) persiste dentre os demais tratamentos como a melhor opção, em termos econômicos e nas circunstâncias estabelecidas.

Contudo, verifica-se que a estratégia de otimização de recursos não reflete em melhor resultado econômico quando o empreendimento obtém maiores margens de lucro unitário, seja por meio da comercialização de produtos no mercado varejista ou de bens mais elaborados, desde que não haja incorporação de custos adicionais significativos.

Entretanto, é importante ressaltar que muitas pisciculturas de grande porte transacionam elevados volumes de pescado com o mercado atacadista (frigoríficos ou intermediários) por não possuírem estruturas de processamento e distribuição adequadas ou por preferirem a especialização. Não obstante, empresas aquícolas verticalizadas geralmente buscam a redução de custos como estratégia produtiva para obtenção de matéria prima barata, a fim de maximizarem as margens de lucro ao final da cadeia.

Além da potencialização de ganhos econômicos diretos, há de se considerar também outros benefícios que o manejo alimentar restritivo pode trazer para a atividade, como por exemplo: maior facilidade na contratação de mão de obra no meio rural (não ocupação nos finais de semana); redução de custos com frete de ração (menores volumes); menor imobilização de capital com construção de depósito de ração (menor área); redução de custos nas operações de limpeza dos viveiros (menos resíduos); maior biossegurança na piscicultura (higienização); redução de custos no tratamento final de efluentes (menor carga orgânica); melhor qualidade de vida, convivência com a família e satisfação no trabalho para o funcionário/colaborador (redução da jornada de trabalho), redução no índice de acidentes de trabalho (menos horas extras), além de qualificação constante e melhores rendimentos operacionais do funcionário (menor rotatividade), dentre outros.

Apesar de alguns se constituírem em benefícios não-financeiros, tais ações podem apresentar expressiva participação no resultado econômico final da atividade, dependendo de cada situação e postura gerencial.

Embora algumas estratégias alimentares, na presente projeção, não tenham alcançado a rentabilidade efetiva quando comparado ao grupo controle, num contexto normal, deve-se levar em consideração a perenização de boas produtividades e a garantia de colheitas no médio e longo prazo como consequência da redução da entrada de resíduos metabólitos e matéria orgânica no sistema. Riche & Garling (2003) advertem que o alimento não consumido reduz a qualidade da água e prejudica a saúde e o desempenho dos peixes.

Adicionalmente, com a menor descarga de nutrientes pode-se reduzir a intensificação do uso de aeradores para manutenção dos adequados níveis de oxigênio, o que incorre em redução do custo com energia elétrica e depreciação. Com o aumento da capacidade de suporte do ambiente de cultivo, há possibilidade de reduzir a vazão de água e até mesmo ampliar a área de produção em sistemas como o de viveiros escavados.

Além disso, com a modernização ou aplicação da legislação ambiental vigente, a redução de custos com o tratamento e destinação dos efluentes gerados em sistemas de produção mais limpos, poderá incidir de forma determinante sobre o lucro real da piscicultura.

Kubitza (1999) afirmou que a redução do impacto poluente dos alimentos permite aumentar a produção e a receita líquida obtida por área de cultivo. Os produtores também serão obrigados a adotar estratégias mais eficazes de alimentação e monitoramento da qualidade da água.

Seguindo a linha de racionalização e otimização de insumos, a integração de atividades parceiras em propriedades com diversidade produtiva contribui para o adequado manejo ambiental em sistemas intensivos de produção.

Em sistemas produtivos que necessitam de barco ou outro meio de transporte motorizado para a execução do arraçamento, a supressão de algumas refeições acarretaria em redução do custo com combustível, além de reduzir a depreciação dessas máquinas ao longo do tempo.

Há também de se considerar uma relevante economia na folha de pagamento, possibilitada pela redução na contratação de diaristas, pagamento de horas extras e ou adicionais nos fins de semana, como resultado da supressão de algumas refeições e o acertado remanejamento de pessoal. Alguns trabalhos têm mostrado uma representatividade da mão de obra entre 15 % a 24 % dos custos operacionais totais, dependendo do manejo empregado (Scorvo-Filho et al., 2008; Costa, 2013).

Ao estratificar o custo de mão-de-obra alocada em sistema de produção em viveiro escavado Souza-Filho (2002) e Rockenbach (2005) verificaram que a dedicação exclusiva do técnico/tratador no manejo de arraçamento e vistoria dura em média de 30” a 2,0 horas/dia ha⁻¹ de área alagada. Ao considerarmos uma piscicultura em viveiro escavado de médio porte em Minas Gerais (DN182/13), o técnico/tratador gastaria, no mínimo, em torno de 4,0 horas por dia no arraçamento de 8,0 hectares de área produtiva.

Para uma jornada mensal de trabalho com 176 h, resultante de 22 dias efetivos de 8 h, somente o arraçamento representaria, em termos percentuais, cerca de 45 % desta jornada, sem contar os finais de semana e feriados. Com base nessas informações, o manejo alimentar seria responsável por quase a metade do custo operacional com mão-de-obra empregada no sistema semi-intensivo com viveiros escavados, ora projetado.

Martins et al. (2001) verificaram que em pequenos módulos de produção, a mão de obra pode ser o item mais representativo e em módulos maiores (> 10 ha) os insumos passam a ter maior representatividade. Ao avaliarem grandes pisciculturas de cultivo de redondos no Mato Grosso, Barros & Martins (2012) observaram que a maior parte do custo operacional era composta pelos gastos com alimentação (71 %) e mão de obra (11 %).

Com base nessas informações realizou-se projeção econômica deduzindo-se o custo com mão de obra em turnos integrais (8 h), numa piscicultura hipotética com 1,0 ha, conforme o número de dias em que se aplicou privação alimentar (Tabela 17).

Para tal simulação econômica considerou-se uma piscicultura enquadrada como pequena empresa ou que atenda ao perfil de agricultura familiar, que utilize mão de obra assalariada complementar.

Tabela 17. Projeções econômicas para piscicultura em viveiros escavados, com 1,0 ha de área produtiva, adotando-se dispensa de funcionário em turnos integrais (8 h).

Estratégia alimentar*	CA ¹	Produção estimada para 1ha ^{2**} (kg/ciclo)	Custo alimentar ³ (R\$/ciclo)	Redução de mdo arraçoa-mento ^{4***} (horas/ciclo)	Índice redutor ⁵ (R\$/ciclo)	Gasto alimentar total deduzido ⁶ (R\$/ciclo)	Receita total ⁷ (R\$/ciclo)	Custo alimentar total deduzido ⁸ (R\$/ciclo)	MBM deduzida ⁹ (R\$/ciclo)	MBR deduzida ¹⁰ (%)
1	1,61	8611,20	13864,03			13864,03	40.042,08	27.728,06	12.314,02	100,0
2	1,61	6804,72	10955,60	160	836	10119,38	31.641,95	20.238,76	11.403,19	92,60
3	1,61	6804,72	10955,60	320	1672	9283,16	31.641,95	18.566,32	13.075,63	106,18
4	1,61	6804,72	10955,60	480	2150	8805,32	31.641,95	17.610,64	14.031,31	113,95

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

** Piscicultura em viveiros escavados de pequeno porte (1,0 ha de área alagada);

***Contabiliza-se dispensa integral do funcionário em dias, ou seja, quando houver supressão das duas refeições.

Mês com 4 fins de semana, sem feriado (economia com mão de obra subestimada) e ciclo de 5 meses (terminação - ensaio experimental).

Regime integral + horas extras (sábado) e repouso remunerado (domingo);

¹Conversão alimentar estatisticamente igual ($P > 0,05$) para todos os grupos;

²Peso médio final, densidade em viveiros de 100 m² e sobrevivência de 93,5 % na terminação (produção estanque);

³Dados da primeira análise de rentabilidade (sem aplicar o índice redutor da mão-de-obra);

⁴Média calculada a partir de dados de Literatura: dedicação de 1,25 h/dia/tratador/1 ha viveiro escavado;

⁵Equivalente mão de obra – ração, sendo a hora-homem normal igual a R\$ 5,97 e preço médio da ração de terminação à R\$ 2,00/kg;

⁶Resultado da multiplicação da biomassa produzida pelo custo alimentar unitário;

⁷Resultado da multiplicação da produção estimada pelo preço de venda no atacado (R\$ 4,65/kg vivo);

⁸Custo alimentar após dedução de custo com mão de obra empregada no arraçoa-mento por ciclo;

⁹Margem bruta média após dedução do custo com mão de obra em turnos integrais;

¹⁰Margem bruta relativa após dedução do custo com mão de obra em turnos integrais.

Ao deduzir a mão de obra em turnos integrais (dias), obteve-se um incremento de margem bruta no tratamento 4 da ordem de 35 pontos percentuais, em relação a situação anterior, ou seja, sem dedução de mão de obra. Esse aumento expressivo na eficiência econômica possibilitou ao grupo 4 superar o grupo controle, em termos econômicos, quase 14 pontos percentuais quando equiparadas as margens brutas relativas.

Ao aplicar análise estatística com menor nível de significância ($P > 0,20\%$) a conversão alimentar dos grupos 1 e 4 passou a ser idêntica, com valor médio igual a 1,47. Com isso, o resultado econômico para a estratégia alimentar com três dias de supressão total de ração na semana é maximizado, obtendo-se margens brutas acima de 113,95 %.

A estratégia alimentar configurada à partir de ciclos semanais constituídos por dois dias consecutivos de supressão total de ração (fins de semana) também projetou maior eficiência econômica, em comparação ao grupo controle, quando foi contabilizada a dedução de mão de obra. Na presente análise (Tabela 17), apesar de em menor grau, esse acréscimo ainda foi representado por 6 % na MBR.

A influência dos diferentes níveis e formas de racionalização de mão de obra sobre a rentabilidade bruta da piscicultura de pequeno porte (1,0 ha), ao adotar a restrição total de ração por três dias consecutivos (tratamento 4) é ilustrado por meio da figura 6, abaixo.

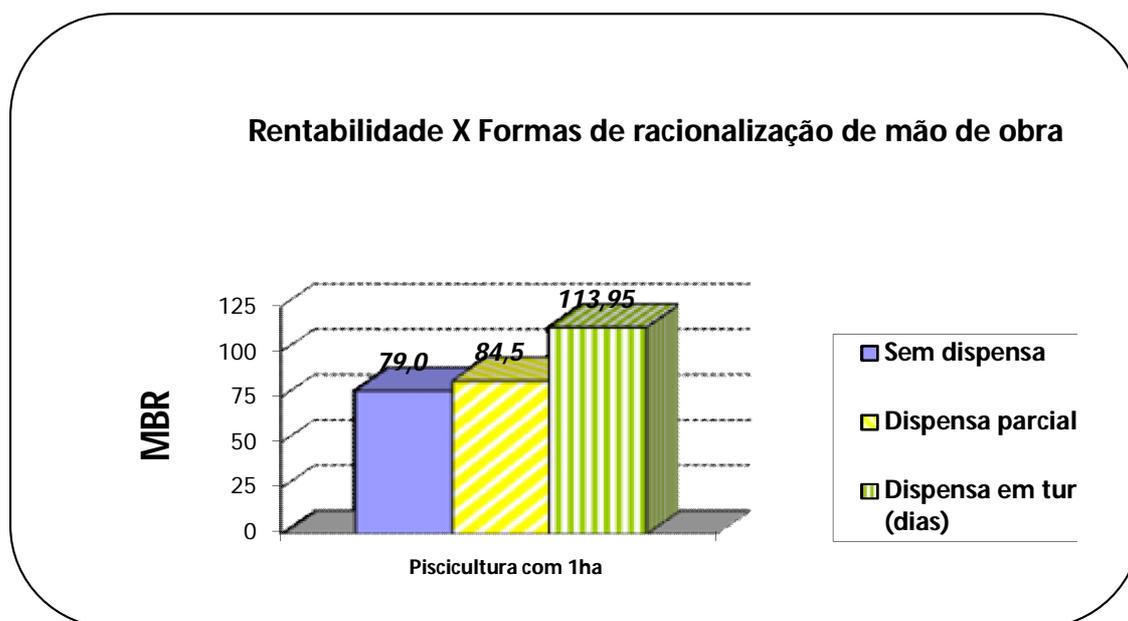


Figura 6. Valores de margem bruta relativa para piscicultura de pequeno porte em viveiro escavado, conforme a estratégia de racionalização de mão de obra adotada e manejo alimentar restritivo por três dias consecutivos.

Pela figura 6 se verifica que a racionalização de mão de obra foi capaz de maximizar consideravelmente as margens brutas da piscicultura de pequeno porte, sob as condições pré-estabelecidas.

Análises de sensibilidade

As tabelas 18, 19 e 20 apresentam análises das rentabilidades do negócio, avaliando-se o grau de sensibilidade dos resultados obtidos quanto a fatores exógenos, tais como variações ou oscilações nos preços da ração, custo de mão de obra (remuneração básica) e preços de venda no atacado (frigorífico).

Tabela 18. Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação de preços da ração comercial, para piscicultura em viveiro escavado com 1,0 ha de área produtiva e dispensa de funcionário em turno integral.

Tratamentos*	Variação nos preços da ração				
	10 % inferior	5 % inferior	R\$2,00**	5 % superior	10 % superior
1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	90,11 %***	91,23 %	92,60 %	94,33 %	96,55 %
3	111,43 %	103,44 %	106,18 %	109,63 %	114,08 %
4	107,53 %	110,41 %	113,95 %	118,38 %	124,10 %

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

**Preço corrente de ração comercial 32 % PB para terminação de tilápia do Nilo.

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como referência o grupo controle (100%).

Tabela 19. Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação nos preços de venda do pescado (kg vivo), para piscicultura em viveiro escavado com 1,0 ha de área produtiva e dispensa de funcionário em turno integral.

Tratamentos*	Preço de Venda (R\$/kg)				
	10 % inferior	5 % inferior	R\$4,65**	5 % superior	10 % superior
1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	99,15 %***	95,24 %	92,60 %	90,70 %	89,27 %
3	119,27 %	111,46 %	106,18 %	102,39 %	99,52 %
4	130,77 %	120,73 %	113,95 %	109,06 %	105,38 %

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

**Preço de venda (em kg vivo) pago por Frigorífico especializado.

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como referência o grupo controle (100 %).

Com base nos resultados do presente ensaio e nas análises de sensibilidade para a piscicultura de 1,0 ha nas condições hipotéticas assumidas, verificou-se que as estratégias alimentares restritivas concernentes aos grupos 3 e 4 proporcionaram as maiores margens brutas

relativas frente às oscilações dos preços de ração e valores pagos na comercialização, excetuando-se apenas no caso do preço de venda 10 % superior no grupo 3 (Tab. 18 e 19).

Ao receber 10 % a menos no quilo vivo do pescado, a margens brutas relativas estimadas para os tratamentos 3 e 4 foram moderadamente superiores ao do grupo controle. Nesse sentido, em situações de aumento exagerado na oferta de pescados ou mesmo em condições de dominação de mercado por poucas empresas processadoras (oligopólio), os referidos manejos alimentares podem se mostrar atraentes (Tab. 19).

Por outro lado, em situações onde o preço de venda alcançou adicional de 10 % em relação ao preço-referência, a estratégia alimentar relativa ao tratamento 4 ainda possibilitou maior margem bruta em comparação ao grupo controle.

Na avaliação econômica do cultivo de piauçu (*L. macrocephalus*) em viveiros escavados, Takahashi et al. (2004) verificaram que os custos com insumos somaram 47,1 % do custo total de produção, representando, juntamente com o preço de venda do pescado, o fator decisivo na rentabilidade da atividade.

Tabela 20. Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e do aumento no valor de mão de obra (salário base) para piscicultura em viveiro escavado com 1,0 ha de área produtiva e dispensa de funcionário em turno integral.

Tratamentos*	Valor de mão de obra (salário base - R\$)				
	SM**	10 % superior	20 % superior	30 % superior	40 % superior
1	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
2	92,60***	93,96	95,32	96,68	98,04
3	106,18	108,90	111,62	114,33	117,05
4	113,95	117,44	120,93	124,42	127,92

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Um dia de restrição na semana; 3: Dois dias de restrição consecutivos na semana; 4: Três dias de restrição consecutivos na semana.

**SM = Salário mínimo

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como referência o grupo controle (100 %).

Conforme a remuneração básica aumenta, todos os grupos pertencentes aos tratamentos restritivos apresentaram acréscimos gradativos e constantes na sua rentabilidade, em comparação ao grupo controle (Tab. 20). Dentre esses, os tratamentos com dois e três dias consecutivos de supressão de ração foram aqueles que proporcionaram margens brutas relativas superiores ao do grupo controle, em todos os níveis avaliados.

Nesse sentido, a dispensa de funcionário/tratador por dois ou três dias consecutivos na semana maximizou o resultado econômico da piscicultura, em razão da economia gerada na folha de pagamento.

Esses resultados estão em acordo com o enunciado por Furlaneto et al. (2009) que ao derivar os custos com a depreciação de máquinas dos encargos sociais diretos e Contribuição de Seguridade Social Rural (CESSR), que somavam 7,6 % e 8,2 % para duas espécies distintas, verificou que os itens relacionados aos encargos trabalhistas são mais representativos. Os autores ressaltam ainda que na análise econômica de projetos de piscicultura, a inclusão destes tópicos é fundamental para a determinação mais precisa do custo operacional por unidade.

Conforme levantamento de valores de referência para Terra e Serviços, realizado pela Empresa de assistência técnica e extensão rural do Estado de Minas Gerais (Emater/MG) em 2013, cerca de 25 % dos municípios analisados apresentavam valor médio da remuneração para mensalista 30 % acima do valor correspondente ao salário mínimo. Nesses casos, por exemplo, a adoção de estratégia alimentar restritiva como àquela do tratamento 4, poderia acarretar em adicional de quase 25 % na margem bruta relativa, em comparação ao grupo alimentado continuamente.

Biserra (1991) afirmou que o nível de atividade no qual o empresário agrícola pretende se inserir não é apenas em função da perspectiva de renda que supostamente obterá e do volume a ser investido, mas também dos riscos associados às suas decisões.

Nesse sentido, as tomadas de decisão que venham à otimizar o uso de insumos e recursos podem consubstanciar em melhores retornos econômicos para o empresário, principalmente em municípios onde a remuneração básica exercida está acima da média.

De acordo com Helpher & Pruginin (1985) para obter os lucros desejados, deve-se manejar métodos adequados e modernos baseados em princípios científicos, tecnológicos, ecológicos e econômicos. No que tange ao fator econômico, Pereira Filho et al. (2005) comentaram que o objetivo da restrição alimentar é atingir o ponto em que a redução nos custos da alimentação por quilo de carcaça fria dos animais sob restrição, represente maior rentabilidade que a gerada pelos animais alimentados à vontade.

Contudo, a intensificação das produções pode não ser a melhor solução, quando se leva em consideração eficiência operacional, despesas diretas e indiretas com mão de obra contratada e aspectos sócio-ambientais.

3.4 Conclusões

- O manejo alimentar restritivo aplicado à tilapicultura em viveiros, configurado à partir de 3 dias consecutivos de privação total de ração, possibilita redução significativa no volume total de ração consumido pelos peixes.
- Juvenis e adultos de tilápia-do-nilo, submetidos à pequenos períodos de restrição alimentar, apresentam ingestão compensatória de ração no curto prazo.
- A oferta não controlada de ração no período pós-restrição promove, mesmo em restrições alimentares moderadas, ingestão compensatória de ração pelos lotes de tilápias, no curto prazo.
- O desempenho zootécnico de tilápias cultivadas em viveiros e alimentadas à saciedade aparente é maior quando comparado aos lotes submetidos às restrições alimentares.
- A restrição alimentar moderada não é capaz de provocar alteração nos tamanhos dos principais órgãos digestivos da tilápia-do-nilo.
- A restrição alimentar moderada aplicada no cultivo de tilápia em viveiros permite a manutenção da eficiência absorptiva do intestino dessa espécie.
- O emprego de manejo alimentar restritivo moderado no cultivo de tilápias em viveiros não deprecia a qualidade nutricional da carne, bem como os rendimentos de carcaça e cortes comerciais.
- Os níveis de glicose sanguínea de tilápias submetidas a manejo alimentar restritivo moderado perduram por um período de dias.
- Os estoques energéticos plasmáticos das tilápias são mantidos em níveis normais quando essas são submetidas às restrições alimentares moderadas.
- A restrição alimentar de três dias consecutivos, aplicada no cultivo de tilápia em viveiros, propicia acréscimo de 30 % na produtividade da mão de obra.
- Mesmo havendo piora no desempenho zootécnico, a otimização de mão de obra pode tornar o manejo alimentar ecológico-econômico (MAEE) mais interessante do ponto de vista financeiro.
- A economia de mão de obra e/ou ração, possibilitada pela adoção da restrição alimentar moderada, incrementa a lucratividade da tilapicultura de forma expressiva, principalmente quando esses insumos tem seu preço aumentado.
- O manejo alimentar restritivo pode ser implementado dentro do programa alimentar de tilápia-do-nilo cultivada, como estratégia para otimização no uso de água, ração e mão de obra, bem como, para a maximização do lucro do negócio em diversos cenários.

3.5 Referências Bibliográficas

ABDEL-HAKIM, N.F.; ABO STATE, H.A.; AL-AZAB, A.A.; EL-KHOLY, K.H.F. 2009. Effect of feeding regimes on growth performance of juvenile hybrid tilapia (*Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus*). World J Agric Sci, v.5, n.1, p.49-54, 2009.

ABDEL-TAWWAB, M.; KHATTAB, Y. A. E.; AHMAD, M. H. AND SHALABY, A. M. E. Compensatory growth, feed utilization, whole body composition and hematological changes in starved juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of Applied Aquaculture, 18(3), 17-36, 2006.

ALBANEZ, J.R. Efeito da restrição alimentar sobre o desempenho produtivo e a composição da carcaça de frangos de corte. 1995. 85f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

AL-HUSSAINI, A. H.; KHOLY, A. A. On the functional morphology of the alimentary tract of some omnivorous fish. Proc Egyptian Acad Sci 4, 17–39, 1953.

ALI, M.; NICIEZA, A.; WOOTTON, R.J. Compensatory growth in fishes: a response to growth depression. Fish Fish. 4, 147–190, 2003.

ARAÚJO, N.G.; CORREIA, J.L.A.; COSTA, G.N.S.; ANDRADE, R.B.; MAGNANI, M.; CAVALHEIRO, J.M.O. Caracterização do filé de tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). In, Anais... 53º Congresso Brasileiro de Química, Rio de Janeiro - RJ, 2013.

ARAÚJO, L. Introdução a histologia e técnicas básicas em histologia. 29p. 2012. <http://pt.scribd.com/doc/90778466/Introducao-a-histologia-e-tecnicas-basicas-em-histologia#scribd>. Acesso em: agosto de 2014.

Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis of the AOAC. 18 th ed. Gaithersburg, M.D, USA.

BARCELLOS, L.J.G.; MARQUEZE, A.; TRAPP, M.; QUEVEDO, R.M.; FERREIRA, D. The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundia *Rhamdia quelen*. Aquaculture, 300, 231-236, 2010.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura 2011. Brasília, 2013. 59 p. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/images/Docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20MPA%202011FINAL.pdf. Acesso em: julho 2014.

BrasEq - Brasileira de Equipamentos Ltda. Boletim técnico informativo braseq: entendendo a atividade de água (aa) e sua importância para a qualidade de alimentos e outros produtos em geral. Disponível em: <<http://www.braseq.com.br>>. Acesso em: 25 de março de 2014.

CHAN, C.; LEE, D.; CHENG, Y.; HSIEH, D. J.; WENG, C. Feed Deprivation and Re-feeding on Alterations of Proteases in Tilapia *Oreochromis mossambicus*. *Zoological Studies* 47(2): 207-214, 2008.

CHAN, F., J. BARTH, J. LUBCHENKO, A. KIRINCICH, H. WEEKS, W. PETERSON, AND B. MENGE (2008), Emergence of anoxia in the California Current large marine ecosystem, *Science*, 319, 920.

CHATZIFOTIS, S.; VAZ JUAN, I.; KYRIAZI, P.; DIVANACH, P.; PAVLIDIS, M., 2011: Dietary Carotenoids and Skin Melanin Content Influence the Coloration of Farmed Red Porgy *Pagrus pagrus*. In: *Aquaculture Nutrition* 17/2 (2011), pp. e90–e100.

CONTADOR, C. R. Avaliação social de projetos. São Paulo: Atlas, 301p, 1981.

COSTA, J.I. Avaliação econômica e participação do plâncton no cultivo de tambaqui em viveiros com diferentes densidades de estocagem. 2013. 80p. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, Jaboticabal, 2013.

FIGUEIREDO, A.C.S.; SOARES, P.R.; ALBINO, L.F.T.; GRAÇAS, A.S.; GOMES, P.C. Desempenho, rendimento de carcaça e avaliação econômica de diferentes programas de restrição alimentar em frangos de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v.27, n3, p.564-571, 1998.

FURLANETO, F.P.B.; ESPERANCINI, M.S.T.; BUENO, O.C.; AYROZA, L.M.S. Eficiência econômica do bicultivo de peixes em viveiros escavados na região paulista do Médio Paranapanema. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 35(2). Pag.191-199, 2009.

FURUYA, W.M., PEZZATO, L.E., FURUYA, V.R.B. et al. Digestibilidade aparente da proteína e aminoácidos do farelo de canola pela tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*. In, *ACUICULTURA VENEZUELA*, 1999, Puerto La Cruz. Anais... Puerto La Cruz: WAS/LAC, 1999, p.206-217.

FURUYA, W.M.; BOTARO, D.; MACEDO, R.M.G. et al. Aplicação do conceito de proteína ideal para redução dos níveis de proteína em dietas para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.5, p.1433-1441, 2005.

GADOMSKI, D.M. AND PETERSEN, J.H. Effects of food deprivation on the larvae of two flatfishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 44:103-111, 1988.

- HAYWARD, R. S., NOLTIE, D. B. & WANG, N. (1997). Use of compensatory growth to double hybrid sunfish growth rates. *Transactions of the American Fisheries Society* 126, 316–322.
- HEPHER, B; PRUGININ, Y. *Cultivo de peces comerciais*. México, DF: Linusa, 1985. 315p.
- JOBLING, M. *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall, London. 309 pp, 1994.
- KANG'OMBE, J.; BROWN, J.A.; HALFYARD, L.C. 2006. Effect of using different types of organic animal manure on plankton abundance and on growth and survival of *Tilapia rendalli* (Boulenger) in ponds. *Aquacult. Res.*, 37: 1360-1371.
- KANKANEN, M.; PIRHONEN, J. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus* L. *Aquaculture*, v.288, p.92-97, 2009.
- KIM, M.K.; LOVELL, R.T. Effect of restricted feeding regimens on compensatory weight gain and body tissue changes in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) in ponds. *Aquaculture*, v.135, p.285-293, 1995.
- KUBITZA, F. *Qualidade da água na produção de peixes*. Piracicaba: Gráfica e Editora Degaspari, 1998, 60p.
- KUBITZA, F. *Qualidade da água na produção de peixes*. 3.ed. Jundiaí, Divisão de Biblioteca e Documentação – Campus “Luiz de Queiroz”/USP, 1999.
- KUBITZA, F. *Nutrição e alimentação dos peixes cultivados*. 3.ed. Jundiaí: F. KUBITZA, 1999a. 123p.
- KUBITZA, F. *Ajustes na nutrição e alimentação das tilápias*. *Panorama da Aquicultura*, novembro/dezembro, 2006.
- KULTZ, D. AND JURSS, K.. Acclimation of chloride cells and Na/K-ATPase to energy deficiency in tilapia (*Oreochromis mossambicus*). *Zool. Jb. Physiol.* 95, 39–50, 1991.
- LEITÃO, N.J.; PAI-SILVA, M.D.; ALMEIDA, F.L.A. et al. The influence of initial feeding on muscle development and growth in pacu *Piaractus mesopotamicus* larvae. *Aquaculture*, v.315, p.78-85, 2011.
- LIM, A. L. L. AND IP, Y. K. Effect of fasting on glycogen metabolism and activities of glycolytic and gluconeogenic enzymes in the mudskipper *Boleophthalmus boddarti*. *J. Fish Biol.* 34, 349–367, 1989.
- LIMA-JUNIOR, S.E.; CARDONE, I.B.; GOITEIN, R. 2002 Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. *Acta Scientiarum*, Maringá, 24: 397-400.

LUNDSTEDT, L.M., MELO, J.F.B., MORAES, G.. Digestive enzymes and metabolic profile of *Pseudoplatystoma corruscans* (Teleostei: Siluriformes) in response to diet composition. *Comp. Biochem. Physiol.*, B 137, 331–339, 2004.

LUNDSTEDT, L.M., MELO, J.F.B., SANTOS-NETO, C., MORAES, G.. Diet influences proteolytic enzyme profile of the South American catfish *Rhamdia quelen*. *Proceedings of International Congress on the Biology of Fish, Biochemistry and Physiology Advances in Finfish Aquaculture*, Vancouver, Canada, pp. 65–71, 2002.

MACHADO, C.R., GAROFALO, M.A.R., ROSELINO, J.E.S., KETTELHUT, I.C., MIGLIORINI, R.H. Effects of starvation, refeeding, and insulin on energy-linked metabolic processes in catfish (*Rhamdia hilarii*) adapted to a carbohydrate-rich diet. *Gen. Comp. Endocrinol.* 71, 429–437, 1988.

MARTIN, N.B.; SERRA, R.; OLIVEIRA, M.D;M.; ANGELO, J.A.; OKAWA, H. 1998 Sistema integrado de custos agropecuários - CUSTAGRI. *Informações Econômicas*, São Paulo, 28(1): 7-28.

MARTINS, C.V.B.; OLIVEIRA, D.P.; MARTINS, R.S.; HERMES, C.A.; OLIVEIRA, L.G.; VAZ, S.K.; MINOZZO, M.G.; CUNHA, M.; ZACARKIN, C.E. 2001 Avaliação da piscicultura na região Oeste do Estado do Paraná. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 27(1): 77-84.

MÉLARD, C.; BARAS, E.; DESPREZ, D. Compensatory growth of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TILAPIA IN AQUACULTURE 4, vol. 1, 1997, Orlando. *Proceedings...* Orlando: NRAES, 1997. p.178-185.

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

NEBO, C. Expressão de genes relacionados ao crescimento muscular durante a restrição alimentar e realimentação em juvenis de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus*, linhagem chitralada. 2011. 94p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Biociências de Botucatu, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

NIKKI, J.; JOBLING, M.; KARJALAINEN, J., Compensatory Growth in Juvenile Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), Held Individually, *Aquaculture*, 2004, vol. 235, pp. 285–296.

PALMA, E.H.; TAKAHASHI, L.S.; DIAS, L.T.S.; GIMBO, R.Y.; KOJIMA, J.T.; NICODEMO, D. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia do Nilo da linhagem GIFT. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.2, p.421-426, 2010.

PÉREZ-JIMÉNEZ, A.; GUEDES, M.J.; MORALES, A.E.; OLIVA-TELES, A. Metabolic responses to short starvation and refeeding in *Dicentrarchus labrax*. Effect of dietary composition. *Aquaculture* 265, 325-335, 2007.

PEREZ-SANCHEZ T.; BALCAZAR J.L.; GARCIA Y.; HALAIHEL N.; VENDRELL D.; DE BLAS I. Merrifield 209 D.L. & Ruiz-Zarzuola I. Identification and characterization of lactic acid bacteria 210 isolated from rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), with inhibitory activity 211 against *Lactococcus garvieae*. *Journal of Fish Diseases* 34, 499-507, 2011.

RANA, K.J. (1985). Influence of egg size on the growth, onset of feeding, point-of-no-return, and survival of unfed *Oreochromis mossambicus* fry. *Aquaculture* 46, 119-131.

REOPEREZ, J.; TORTUERO, F.; RODRÍGUEZ, M.L.; FERNÁNDEZ, E. efecto de La alimentación com harina de soja sometida a distintos tratamientos sobre el crecimiento y morfología intestinal Del lechon. *Archivos de Zootecnia*, v.42, p. 125-135, 1993.

RICHARD P, BERGERON J, BOULHIC M, GALIOS R, PERSON-LE RUYET J (1991) Effect of starvation on RNA, DNA and protein content of laboratory-reared larvae and juveniles of *Solea solea*. *Mar Ecol Prog Ser* 72: 69-77.

RICHARD P, BERGERON J, BOULHIC M, GALIOS R, PERSON-LE RUYET J. Effect of starvation on RNA, DNA and protein content of laboratory-reared larvae and juveniles of *Solea solea*. *Mar Ecol Prog Ser* 72: 69-77, 1991.

RICHE, M., GARLING, D. (2003). Feeding Tilapia in intensive recirculatory systems. North central Regional Aquaculture Centre and United State Department of Agriculture USDA. 1-4 pp.

ROCKENBACH, I.H.; AGOSTINI, I.; SILVA, M.C.; DAMBRÓS, R.N. Manual de coeficientes de mão-de-obra e mecanização em atividades agropecuárias e de aquicultura de Santa Catarina. Florianópolis: Epagri, 272p. (Epagri. Documentos, 221).

ROSA, P.S. Desempenho e qualidade de carcaça de frangos de corte submetidos a diferentes programas de restrição alimentar. Viçosa, MG: UFV, 1995. 86p Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

ROTTA, M.A. Aspectos gerais da fisiologia e estrutura do sistema digestivo dos peixes relacionados à piscicultura. Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 49 p.il. (Embrapa Pantanal. Boletim de Pesquisa, 53).

RUEDA, F.M., MARTINEZ, F.J., ZAMORA, S., KENTOURI, M. AND DIVANACH, P. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquaculture Research* 29,447-452, 1998.

RUSSELL, N.R. AND WOOTTON, R.J. Appetite and growth compensation in the Europeanminnow, *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) following short term of food restriction. *Environmental Biology of Fishes* 34,277-285, 1992.

SAETHER, B.S.; JOHNSEN, H.K & JOBLING, M. (1996). Seasonal changes in food consumption and growth of Arctic charr exposed to either simulated natural or a 12, 12 LD photoperiod at constant water temperature. *Journal of Fish Biology*, 48, 1113-1122.

SAETHER, B.S.; JOBLING, M. The effects of ration level on feed intake and growth, and compensatory growth after restricted feeding, in turbot *Scophthalmus maximus L.* *Aquaculture Research*, v.30, p.647-653, 1999.

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

SANTOS, L. Demanda protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. Manaus : [s.n.], 2007. 56p. : il. Dissertação (Mestrado) - INPA/UFAM, Manaus, 2007.

SANTOS, A.B.; SANTANA, D.; ALMEIDA, E.G.; ALMEIDA, E.G. Viabilidade econômico-financeira da piscicultura na região noroeste do Estado de Mato Grosso. *Revista Científica da Faculdade de Ciências Contábeis e Administração do Vale do Juruena (AJES)*, v.02, n.4, mai/ago. Juína - MT, 2011.

SANTOS, V.B.; MARECO, E.A.; SILVA, M.D.P. Growth curves of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) strain cultivated at different temperatures. *Acta Scientiarum*. V.35i3: 19443. 2013.

SCORVO FILHO, J.D.; MARTIN, N.B.; AYROZA, L.M.S. 1998 Piscicultura em São Paulo: custos e retornos de diferentes sistemas de produção na safra 1996/97. *Informações Econômicas*, São Paulo, 28(3): 41-60.

SCORVO FILHO, J. D. 1999 Avaliação técnica e econômica das piscigranjas de três regiões do Estado de São Paulo. Jaboticabal. 120p. (Tese de Doutorado em Aquicultura, CAUNESP).

SHAN, X.; QUAN, H. & DOU, S. (2008). Effects of delayed first feeding on growth and survival of rock bream *Oplegnathus fasciatus* larvae. *Aquaculture*, 277, 14-23.

SHANG, Y.C. 1990. *Aquaculture economic analysis: an introduction*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana (USA), 211 p.

SEALEY, W.M.; DAVIS, J.T.; GATLIN III, D.M. Restricted feeding regimes increase production efficiency in channel catfish. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center, 1998. 5p. (SRAC Publication, 189).

SILVA, A.J. Aspectos de alimentação do pacu adulto, *Colossoma mitrei* (Berg, 1985) (Pisces, Characidae), no pantanal de Mato Grosso. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1985. 92p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1985.

SILVA, L. A. C. ; BEZERRA, M. A. (2004). Análise econômico-financeira da carcinicultura do estado do Ceará: um estudo de caso. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL - SOBER, 42., Cuiabá, 2004. Anais... Brasília-DF, 2004. v. 1, p.1-16

SILVA, P. C.; OLIVEIRA, R. P. C.; MAEDA, H.; PADUA, D. M. C.; POMI, A. O. Densidade de estocagem na segunda alevinagem da tilápia nilótica, em sistema intensivo tradicional. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44 [cd-rom], 2007, Jaboticabal. Anais...Jaboticabal: SBZ, 2007a.

SILVEIRA, U. S; LOGATO, P. V. R; PONTES, E. C.; Fatores estressantes em peixes. Revista Eletrônica Nutritime, v. 6, n. 4, p. 1001-1017, Julho/Agosto, 2009.

SIMÕES, M.R.; RIBEIRO, C de F.A.; RIBEIRO, S da C. A.; PARK, K.; MURR, F.E.X. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 27, n.3, p. 608-613, 2007.

SMITH, D. W. 1988. Phytoplankton and catfish culture: a review. Aquaculture. 74:167-189.

SOENGAS, J.L.; E.F. STRONG & M.D. ANDRÉS. 1998. Glucose, lactate, and β -Hydroxybutyrate utilization by rainbow trout brain: changes during food deprivation. Physiol. Zool. 71(3):285-293.

SOUZA, V.L. Efeitos da restrição alimentar e da realimentação no crescimento e metabolismo energético de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887). Jaboticabal: Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista, 1998. 118p. Tese (Doutorado em Aqüicultura) - Centro de Aqüicultura da Universidade Estadual Paulista, 1998.

SOUZA, V.L.; URBINATI, E.C.; GONÇALVES, D.C.; SILVA, P.C. Composição corporal e índices biométricos do pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberb, 1887) submetidos a ciclos alternados de restrição alimentar e realimentação. Revista Brasileira de Zootecnia: Viçosa, v.32, n.1, p. 19-28, 2003.

SOUSA, R.M.R.; AGOSTINHO, C.A.; OLIVEIRA, F.A.; ARGENTIM, A.; NOVELLI, P.K.; AGOSTINHO, S.M.M. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at the different frequencies and periods with automatic dispenser. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.64, n.1, p.192-197, 2012.

SOUZA-FILHO, J.; SCHAPPO, C.L.; TAMASSIA, S.T.J. Custo de produção do peixes de água doce: modelo Alto Vale do Itajaí. Florianópolis: Instituto Cepa/SC, Epagri, 2002. 40p. (Cadernos de indicadores agrícolas, 2).

STEFÁNSSON M. Ö., REINERT J., SIGURÐSSON ., KRISTINSSON K., NEDREAAS K., PAMPOULIEC. Depth as a potential driver of genetic structure of *Sebastes mentella* across the North Atlantic Ocean. ICES Journal of Marine Science 2009;a 66:680-690.

STEFÁNSSON M.Ö., REINERT J.,SIGURÐSSON,KRISTINSSON K., NEDREAAS K., PAMPOULIE, C. Depth as a potential driver of genetic structure of *Sebastes mentella* across the North Atlantic Ocean. ICES Journal of Marine Science 2009;a 66:680-690.

STIMPSON, J.H, 1965. Comparative aspects of the control of glycogen utilization in vertebrate liver. Comp. Biochem. Physiol. 15, 187–197

STIRLING, H.P., 1976. Effects of experimental feeding and starvation on the proximate composition of the European sea bass *Dicentrarchus labrax*. Mar. Biol. 34, 85–91.

TAKAHASHI, L.S. Estratégia alimentar, teores de carboidratos dietéticos, desempenho e respostas fisiológicas do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). 2007. 89f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

TAKAHASHI, L.S. et al. Viabilidade econômica da produção de piauçu *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988). Scientia Agricola, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 228-233, 2004.

TANTIKITTI, C.; MARCH, B.E. Dynamics of plasma free amino acid in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) under variety of dietary conditions. Fish Physiology Biochemistry, v.14, p.179-194, 1995.

TENGJAROENKUL, B., SMITH B.J., CACECI, T. et al. 2000. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture, 182:317-327.

TENGJAROENKUL, B., SMITH B.J., CACECI, T. et al. 2000. Distribution of intestinal enzyme activities along the intestinal tract of cultured Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture, 182:317-327.

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

TIAN, X. & QIN, J.G. (2004) Effects of previous ration restriction on compensatory growth in barramundi *Lates calcarifer*. *Aquaculture* 235, 273-283.

TIAN, S., L. ZHU AND M. LIU (2010): Bioaccumulation and distribution of polybrominated diphenyl ethers in marine species from Bohai Bay, China. *Environ. Toxicol. Chem.*, 29, 2278–2285.

TURRA, E.M. Estudos genéticos longitudinais de peso, rendimento de filé e medidas morfométricas em tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Tese (Doutorado em Zootecnia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, 2010.

ULSTCH, G. R. (1989). Ecology and physiology of hibernation and overwintering among freshwater fishes, turtles and snakes. *Biological Reviews* 64, 435–516.

URSIN, E., 1967. A mathematical model of some aspects of fish growth, respiration, and mortality. *J. Fish. Res. Board Can.*, 24: 2355-2390.

VAN DER MEER, R., LAPRÉ, J.A., GOVERS, M.J.A.P., AND KLEIBEUKER, J.H.: Mechanisms of the intestinal effects of dietary fats and milk products on colon carcinogenesis. *Cancer Lett.* 114, 75-83, 1997.

VAN HAM, E.H.; BERNTSSEN, M.H.G.; IMSLAND, A.K.; PAPOURA, A.C.; BONGA, S.E.W.; STEFANSSON, S.O. The influence of temperature and ration on growth, feed conversion, body composition and nutrient retention of juvenile turbot (*Scophthalmus maximus*). *Aquaculture*, v.217, p.547-558, 2003.

VIEIRA, L.P.; BALDISSEROTO, B. Amino acids and carbohydrates absorption by Na⁺ dependent transporters in the pyloric ceca of *Hoplias malabaricus*. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.31, p. 793-797, 2001.

VIGLIANO, F.A., QUIROGA, M.I., NIETO, J.M., 2002. Metabolic adaptation to food deprivation and refeeding in fish. *Revista Ictiología* 10, 79-108.

VERA-CALDERÓN, L. E. Avaliação econômica da criação de tilápias (*Oreochromis spp.*) em tanque-rede: estudo de casos. 2003. Tese (Mestrado) - Centro de Aquicultura, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

VERA-CALDERÓN, L. E & FERREIRA, A.C.M. Estudo da economia de escala na piscicultura em tanque-rede, no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, SP, v.34, n.1, jan. 2004.

- WALTON, M. J. AND COWEY, C. B. (1982). Aspects of intermediary metabolism in salmonid fish. *Comp. Biochem. Physiol.* 73B,59 -79.
- WANG, Y., CUI, Y., YANG, Y., FASHENG, C., 2000. Compensatory growth in hybrid tilapia, *Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*, reared in seawater. *Aquaculture* 189, 101–108.
- WEATHERLEY, A.H. and GILL, H.S. (ed.) (187). Tissues and growth. In *The Biology of Fish Growth*, pp. 147-175. New York: Academic Press.
- WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). Disponível em <http://www.wbcsd.org>. Acesso em 25 jun. 2014.
- WU, L., XIE, S., ZHU, X., CUI, Y. AND WOOTTON, R.J. (2002). Feeding dynamics in experiencing cycles of feed deprivation: a comparison of four species. *Aquaculture Research* 33,481-489.
- XIE, S., ZHU, X., CUI, Y., LEI, W., YANG, Y. AND WOOTTON, R.J. (2001) Compensatory growth in the gibel carp following feed deprivation: temporal patterns in growth, nutrient deposition, feed intake and body composition. *Journal of Fish Biology* 58,999-1009.
- YU, M.W., ROBINSON, F.E., CLANDININ, L. et al. 1990. Growth and body composition of broiler chickens in response to different regimens of feed restriction. *Poult. Sci.*, 69:2074-2081.
- YU, M.W.; ROBINSON, F.E. The application of shortterm feed restriction to broiler chicken production: a review. *Journal of Applied Poultry Research*, Athens, v.1, p.147-153, 1992.
- ZAMBON, B.P. & RICCO, A.S. Sustentabilidade empresarial: uma oportunidade para novos negócios. CRA/ES, 2010. Disponível em: <<http://www.craes.org.br/interna/artigosTecnicos.php>>. Acesso em: 27 jun. 2014.
- ZARATE, D.D.; LOVELL, R.T. Free lysine (L-lysine - HCl) is utilized for growth less efficiently than protein-bound lysine (Soybean meal) in practical diets by young channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *Aquaculture*, v.159, p.87-100, 1997.
- ZHANG CHENG-WU, et. al. Effects of polysaccharide and phycocyanin from spirulina on peripheral blood and hematopoietic system of bone marrow in mice. *Second Asia-Pacific Conf.* Ibid, April, 1994.
- ZHANG W.; RICKETTS T.H.; KREMEN, C.; CARNEY, K.; SWINTON, S.M. Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecol. Econ.* 64,253–260, 2007.
- ZHANG, F., S. XU AND Z. WANG, 2010. Pre-treatment optimization and properties of gelatin from freshwater fish scales. *Food Bioprod. Process.*, 10.1016/j.fbp.2010.05.003

ZHONG, C.; NAKAUE, H.S.; HU, C.Y.; MIROSH, L.W. Effect of full feed and early feed restriction on broiler performance, abdominal fat level, cellularity and fat metabolism in broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v.74, p.1636-1643, 1995.

ZHU, Y., YANG, Y., WAN, J., HAU, D. AND MATH, J. A. (1990): The effect of manure application rate and frequency upon fish yield in integrated fish farm ponds. *Aquaculture*, 91: 233-251.

ZOCCARATO, I. et al. Differences in performance, flesh composition and water output quality in relation to density and feeding levels in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), farming. *Aquaculture and Fisheries Management*, v.25, p.639-647, 1994.

ZUBAIR, A.K.; LEESON, S. Effect of varying period of early nutrient restriction on growth compensation and carcass characteristics of male broilers. *Poultry Science*, Champaign, v.73, p.129-136, 1994.

4. CAPÍTULO III - EFEITO DA RESTRIÇÃO ALIMENTAR PROGRAMADA NO CULTIVO DE TILÁPIA (*Oreochromis niloticus*) EM SISTEMA DE RECIRCULAÇÃO.

Resumo

O desenvolvimento de programas alimentares mais adequados quanto à intensidade e duração da restrição pode se constituir em maneira eficaz para minimizar os efeitos do consumo exagerado de alimento e suas consequências negativas para a eficiência alimentar dos peixes, capacidade de suporte do ambiente e economicidade do negócio. Nesse sentido, juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) (137 ± 3 g) foram submetidos a diferentes estratégias de alimentação em sistema de recirculação. Foram testadas cinco estratégias alimentares em ciclos semanais subsequentes: CT1 - alimentação contínua; CT2 - supressão de uma refeição na semana; CT3 - supressão de duas refeições não consecutivas na semana; CT4 - supressão de três refeições não consecutivas na semana; CT5 - supressão de quatro refeições não consecutivas na semana. Foram avaliados o desempenho produtivo, o consumo de ração no período pós-restrição, os rendimentos de cortes comerciais, a composição centesimal e atividade de água na carcaça, os índices morfométricos de órgãos digestivos e os indicadores econômicos por meio de projeções e análises de rentabilidade. Ocorreu ingestão compensatória em todos os grupos testados, fazendo com que o consumo total de ração não diferisse de forma significativa entre eles. O peso médio final e o ganho em biomassa não diferiram significativamente entre todos os grupos. A conversão alimentar do grupo 2 diferiu ($\alpha = 20$ %) dos demais, trazendo implicações econômicas expressivas. A qualidade de carcaça, rendimentos industriais, índices somáticos e morfometria de órgãos também não diferiram estatisticamente entre os grupos. O tratamento 2 apresentou um incremento de 15 % na margem bruta relativa para um módulo produtivo em comparação ao tratamento controle, mesmo sem considerar a dedução de mão de obra. O grupo 5 obteve 11 % de acréscimo na produtividade da mão de obra, quando comparado ao grupo controle. Com a dedução de mão de obra, a rentabilidade bruta média para 1 módulo produtivo foi aumentada de 23 % a 47 %, ao se adotar as diferentes formas e intensidades de manejo alimentar restritivo. Mesmo com redução no preço de ração em até 10 %, as margens brutas estimadas para todos os tratamentos restritivos foram moderadamente superiores ao do grupo controle. Ao receber 10 % a menos no quilo vivo do pescado, as margens brutas estimadas para todos os tratamentos restritivos foram moderadamente superiores ao do grupo controle, com valores mais expressivos para o grupo 5. A restrição alimentar moderada proporcionou aumento linear na margem bruta relativa para cada tratamento à cada mudança de nível salarial, assim como, maior rentabilidade quando comparado ao respectivo grupo controle. O manejo alimentar restritivo aplicado sob a forma de refeições não consecutivas pode ser recomendado como estratégia para redução de custos e maximização de lucro, em diversos cenários de mercado.

Palavras-chave: manejo alimentar, restrição alimentar, qualidade de carcaça, rendimento de carcaça, rendimento operacional, eficiência econômica.

Abstract

The development of more appropriate feeding programs as the intensity and duration of the restriction can be an effective way to minimize the effects of excessive consumption of food and its negative consequences for fish feed efficiency and economy of business. Accordingly, the juvenile Nile tilapias (137 ± 3 g) were subjected to different feeding strategies in recirculating water. In the intensive system with clear water were tested five feeding strategies in subsequent weekly cycles: CT1 - continuous feed; CT2 - deletion of one meal a week; CT3 - deletion of two non-consecutive meals a week; CT4 - deletion of three non-consecutive meals a week; CT5 - deletion of four non-consecutive meals a week. We evaluated the growth performance, feed intake in the post-restriction period, the yield of commercial cuts, the chemical composition and water activity in the carcass, the indices of digestive organs and economic indicators by means of projections and profitability analyzes. Compensatory intake occurred in all tested groups, causing the total feed intake did not differ significantly. The average final weight and gain in biomass did not differ between the groups. The feed conversion in group 2 differed ($\alpha = 0,20$) of the other groups, bringing significant economic implications. The quality of carcass, industrial yield, somatic index and organ morphology did not differ significantly among the tested groups. Treatment 2 showed an increase of 15% in gross margin relative to one productive module compared to the control treatment, even without considering the deduction of labor. Group 5 received 11% increase in the labor productivity, compared to the control group. With the deduction of labor, the average gross profit for the first production one module has been increased from 23% to 47%, by adopting of different forms and intensities of restrictive feeding management. Even with reduced ration price up to 10%, the gross margins estimated for all restrictive treatments were moderately higher than the control group. To receive 10% less in the live weight of fish, the estimated gross margins for all restrictive treatments were moderately higher than the control group, with higher values for the group 5. The moderate food restriction caused a linear increase in gross margin for each treatment at each change of salary level, as well as higher profitability when compared to the respective control group. The restrictive feeding management applied in the form of non-consecutive meals can be recommended as a strategy for reducing costs and maximizing profit in various market scenarios.

Keywords: feed management, food restriction, carcass quality, carcass yield, operating income, economic efficiency.

4.1 Introdução

A aquicultura tem sido a atividade produtiva que mais se desenvolveu mundialmente durante os últimos 50 anos, sendo que sua taxa de crescimento tem alcançado uma média anual de 8,8 %. Atualmente, 50 % do pescado consumido no mundo é proveniente da aquicultura (FAO, 2012).

Estratégias alimentares restritivas variam entre espécies e pisciculturas, incluindo alimentação à saciedade aparente, restrição alimentar baseada na proporção de peso corporal, ou na restrição baseada na entrada de alimento no sistema de cultivo (Eroldogan et al., 2004; Rowland et al., 2005). Ainda é necessário determinar as estratégias exatas para a utilização da restrição alimentar e o crescimento compensatório como uma forma de manejo eficaz, especialmente em condições de campo (Saita, 2010).

Quando se usa o método baseado na taxa alimentar ou biomassa total, a distribuição de ração se dá de forma irregular pelo fato da quantidade calculada ser, simplesmente, dividida pelo número de refeições ao dia. É bastante provável que o uso dessa tática aumente a possibilidade da ocorrência de competição excessiva por alimento, com reflexo negativo na uniformidade dos lotes.

Dividir a alimentação em várias refeições pequenas não é recomendável quando se faz uma alimentação restrita. Isso pode favorecer os peixes mais vorazes em detrimento dos mais fracos, acentuando assim as diferenças de tamanho, principalmente entre os machos (Kubitza, 2006).

Já outros estudos envolvendo a adoção de várias refeições ao dia por meio de alimentadores automáticos tem mostrado bons resultados quanto ao desempenho de tilápia cultivada em tanques-rede. Sousa et al. (2012) constataram que o aumento da frequência alimentar associada com a alimentação durante o dia ou dia/noite melhorou o desempenho da tilápia-do-nylo em tanque-rede, o que sugere que um grande número de alimentações permitam melhor exploração do alimento e disponibilidade de oxigênio dissolvido.

Por outro lado, é provável que em algumas situações, uma única refeição diária dê maior oportunidade para que todos os peixes de cada lote se alimentem de maneira suficiente, sendo assim capaz de prover satisfatório desempenho zootécnico aos mesmos.

Contudo, é necessário definir quais manejos alimentares se associam bem às formas moderadas de restrição alimentar, no intuito de configurar planos alimentares otimizados e mais personalizados à cada espécie, sistema produtivo e outros fatores/insumos de produção com reconhecida influência no resultado final.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Local e Infraestrutura

O experimento foi conduzido na Estação de Piscicultura da Fazenda Experimental de Leopoldina - EPAMIG (UREZM) (Figura 1), localizada no município de Leopoldina, região da Zona da Mata, Minas Gerais. As fases experimentais de campo ocorreram no período de dezembro de 2012 a abril de 2013.



Figura 1. Estação de Piscicultura da Fazenda Experimental de Leopoldina – FELP/UREZM/EPAMIG.

A área total da Estação de Piscicultura da Fazenda Experimental de Leopoldina FELP/EPAMIG perfaz 7,0 hectares, sendo 3,9 ha de área alagada. A estrutura é composta por 11 tanques de alvenaria de 7 m², 12 tanques de 100 m² com paredes de cimento armado e fundo de terra, 24 viveiros de 540 m², 18 viveiros de 1200 m² e mais 5 viveiros de aproximadamente 500 m². O setor ainda possui um Laboratório de Recirculação composto por 27 caixas adaptadas de 1.000 litros, em fibra de vidro. Além das unidades de cultivo, o núcleo possui um prédio com dois escritórios, sala de reunião, dois sanitários, um Laboratório de Reprodução Induzida, um Laboratório de Limnologia básica e outros laboratórios e dependências auxiliares.

Visando a avaliação de estratégias de restrição alimentar para tilápias produzidas em sistema de recirculação foi executado um ensaio em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos (estratégias de restrição) e três repetições cada. Para tal foram utilizados 15 caixas adaptadas em polietileno com volume útil de 1.000 L dispostas num sistema de

recirculação e 450 peixes juvenis de tilápia pesando em média $137 \pm 3,0$ g. Os peixes foram distribuídos aleatoriamente em 15 caixas, desta forma cada caixa com 30 peixes constituiu uma unidade experimental.

A figura 2 mostra o Laboratório de Recirculação e o “layout” das caixas experimentais utilizadas no presente trabalho.



Figura 2. a) Laboratório de aquicultura em sistema de recirculação; b) Caixas adaptadas de fibra de vidro com volume total de 1.000 L, equipadas com sistemas de adução, drenagem de fundo e hapas para evitar com que os peixes tenham acesso aos resíduos fecais e biofilme no fundo e paredes da caixa.

O sistema foi provido com circulação contínua de água e aeração forçada por meio de compressores de ar radiais e pedras porosas. A cada três dias a matéria orgânica depositada no fundo das caixas era removida por sifonamento. A água de cultivo das caixas era recirculada diariamente em torno de cinco vezes, após passar por filtros mecânicos e biológicos. As perdas por evaporação e manejo geral representava em torno de 3 % do volume total, sendo feita a compensação diária com água proveniente de córrego a montante, após passar por filtros mecânicos de brita.

4.2.2 Estratégias de restrição alimentar

Durante 120 dias, os peixes foram alimentados com uma ração comercial específica para tilápias de granulometria 2-4 e 4-6 mm, com 32 % de proteína bruta. As dietas experimentais foram ofertadas em duas refeições diárias (09h 00min e 16h 00min), de acordo com as seguintes estratégias de alimentação (tratamentos):

- Grupos controle: animais continuamente alimentados até a saciedade aparente, durante todo o período experimental;
- Supressão de uma refeição em ciclos de sete dias – seis dias de alimentação à vontade seguidos de um dia de restrição parcial;
- Restrição de duas refeições não consecutivas em ciclos de sete dias – cinco dias de alimentação à vontade e dois dias não consecutivos de restrição parcial;

- Restrição de três refeições não consecutivas em ciclos de sete dias – quatro dias de alimentação à vontade e três dias não consecutivos de restrição parcial;
- Restrição de quatro refeições não consecutivas em ciclos de sete dias – três dias de alimentação à vontade e quatro dias não consecutivos de restrição parcial;

A tabela 1 descreve sucintamente os tratamentos adotados no presente ensaio.

Tabela 1. Estratégias de restrição alimentar programada aplicada aos lotes de tilápias cultivadas em caixas adaptadas (recirculação).

Tratamentos	Manejo alimentar	Dias em que houve restrição	Nível de restrição planejado (%)
1	Controle	Sem restrição	0
2	Supressão de 1 refeição	Domingo	7,1
3	Supressão de 2 refeições	Domingo+ Quinta	14,3
4	Supressão de 3 refeições	Domingo+Terça+Quinta	21,4
5	Supressão de 4 refeições	Domingo+Terça+Quinta+Sábado	28,6

A tabela 2 ilustra a configuração no campo dos tratamentos adotados no presente ensaio.

Tabela 2. Configurações dos manejos alimentares restritivos empregados no ensaio de caixas adaptadas, conforme ciclos semanais.

Trat.	Dias da semana							
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado	Domingo	
1	X*	X	X	X	X	X	X	X
2	X	X	X	X	X	X	X	Restrição parcial**
3	X	X	X	Restrição parcial	X	X	X	Restrição parcial
4	X	Restrição parcial	X	Restrição parcial	X	X	X	Restrição parcial
5	X	Restrição parcial	X	Restrição parcial	X	Restrição parcial	X	Restrição parcial

*X = dias em que foram fornecidas as duas refeições completas

**Restrição parcial = supressão de uma refeição no dia

Obs.: A refeição suprimida foi a da manhã (9 h)

Nas biometrias, todos os peixes de cada parcela (caixa) foram pesados individualmente em balança digital e medidos em ictiômetro.

Foram avaliados nos animais testados o consumo de ração, ocorrência de consumo compensatório, ganho de peso diário, ganho em biomassa no período, taxa de sobrevivência, taxa de crescimento específico, conversão alimentar, composição centesimal de carcaça, atividade de água do pescado, rendimentos de cortes, índices somáticos e morfométricos de órgãos digestivos. Adicionalmente realizou-se avaliação de índices econômicos por meio de projeções e análises de sensibilidade.

Os dados de desempenho e composição corporal foram submetidos à análises de variância e as médias comparadas pelo teste SNK a ($P>0,05$).

4.2.3 Animais e Alimentação

Antes da fase experimental, os alevinos de tilápia-do-nilo variedade GIFT foram recriados à partir de 5,0 g de peso médio inicial em tanques escavados e aclimatados às condições locais por cerca de 90 dias. Nesse período, foram alimentados até a saciedade aparente, duas vezes ao dia, com ração comercial de 2-4mm e 35 % de proteína bruta. Ao atingirem peso médio em torno de 130 g foram despescados e separados por meio de selecionadora de peixes vivos conforme mostrado na Figura 3.



Figura 3. Seleção dos juvenis de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*) utilizando selecionador manual.

Após a seleção os animais foram submetidos a um novo período de adaptação de sete dias nas caixas onde foram realizados os ensaios.

A ração foi fornecida diariamente aos animais. Conforme os dados apresentados na tabela 3 foi utilizada ração comercial extrusada para crescimento e engorda contendo 32 % de proteína bruta, cuja composição básica consistia de: milho integral moído, farelo de trigo, farelo de soja, farinha de vísceras, farinha de peixe, sal comum (NaCl), calcário calcítico e premix mineral vitamínico.

Amostras das rações comerciais foram armazenadas em frascos plásticos e conservadas em geladeira durante todo o experimento. As composições dos ingredientes e das dietas foram determinadas segundo metodologia da A.O.A.C. (2005) e a energia bruta por meio de bomba

calorimétrica (Parr 1281Calorimeter). Ainda, conforme a tabela 3 é mostrado a composição percentual e químico-bromatológica calculada da ração comercial usada no ensaio.

Tabela 3. Níveis de garantia mínima e composição físico-química da ração comercial utilizada no ensaio de restrição alimentar de tilápias em caixas adaptadas (recirculação).

Ingredientes	Níveis de garantia*
Umidade (máx.)	120 g/kg
Proteína bruta (mín.)	320 g/kg
Extrato etéreo (mín.)	65 g/kg
Fibra bruta (máx.)	70 g/kg
Matéria mineral (máx.)	110 g/kg
Cálcio (mín.)	10 g/kg
Cálcio (máx.)	30 g/kg
Fósforo (mín.)	6.000 mg/kg
Vitamina C	300 UI/kg
Vitamina A	9000 UI/kg
Vitamina E	135 UI/kg
Zinco	100 mg/kg
Composição centesimal	Concentrações** (%MS)
Umidade	7,88*
Proteína bruta	32,06
Energia bruta	4126,82 cal/g
Extrato etéreo	7,72
Matéria mineral	10,25
Cálcio	1,63
Fósforo total	1,55

*Informações do Fabricante.

**Dados da pesquisa.

O arraçoamento foi feito diariamente, no período da manhã (09:00h) e tarde (16:00h). Em cada um dos tratamentos a quantidade de ração fornecida foi ajustada semanalmente a partir da verificação do ponto de saciedade. O ponto de saciedade foi definido através da observação de quando os peixes deixavam de buscar o alimento oferecido.

O consumo de ração foi monitorado, possibilitando a avaliação da ingestão de alimento, além dos parâmetros de eficiência alimentar. Para registro de dados biométricos foram realizadas amostragens ao início e ao final dos experimentos.

A temperatura da água das caixas foi medida diariamente na superfície, às 09:00 e 16:00 horas, utilizando-se um termômetro Incoterm. O oxigênio dissolvido e pH foram aferidos diariamente às 09:00 horas por meio de medidor multiparâmetro marca Hanna modelo HI-9828. A amônia tóxica foi aferida semanalmente por meio de kit colorimétrico da marca Alfakit.

4.2.4 Ingestão compensatória de ração

A verificação da ocorrência de ingestão compensatória se deu por meio da medição dos volumes de ração consumidos pelos lotes de cada parcela nas últimas duas refeições normais, antes da aplicação dos tratamentos restritivos semanais, e a comparação com o volume consumido na primeira refeição também à saciedade, imediatamente após a restrição.

Para avaliação da resposta compensatória da ingestão de alimento foram realizadas de três a quatro observações por tratamento em pelo menos cinco épocas distintas, ao longo do período experimental, nos dois ensaios.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo as médias comparadas pelo teste de SNK ($P > 0,05$), através do programa estatístico SAS, versão 8.2.

4.2.5 Índices de desempenho produtivo

Ao término dos experimentos, os peixes foram submetidos à biometria final, para determinação de comprimento e peso total.

O peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho de peso médio diário (GPD), o ganho de peso ou biomassa (GB), taxa de sobrevivência (TS), consumo de ração total por tratamento (C), taxa de crescimento específico (TCE) e a conversão alimentar aparente (CA) foram estimados, respectivamente, pelas seguintes expressões matemáticas:

- PMI = média dos pesos iniciais dos juvenis estocados, por tratamento;
- PMF = média dos pesos finais dos peixes adultos despescados, por tratamento;
- GPD (g dia^{-1}) = (peso médio final – peso médio inicial) / tempo em dias de cultivo;
- GB (kg/viveiro ou kg/caixa) = biomassa final – biomassa inicial;
- TS % = (número final de peixes / número inicial de peixes) x 100;
- C = ração fornecida/dia (kg) x nº total de dias referente ao período experimental;
- TCE = $[100 \times (\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}) / \text{dias de experimento}]$
- CA = ração fornecida (kg)/GB (kg)

4.2.6 Composição centesimal de carcaça e rendimentos de cortes

O abate humanitário dos peixes se deu por meio de imersão dos mesmos em baldes d'água com anestésico (benzocaína) na concentração de 190 mg/L, por mais de 15 minutos.

A preparação de cada corte comercial foi executada manualmente pela mesma pessoa, estando essa previamente treinada. O filé do lado esquerdo de cada exemplar foi obtido com pele (sem escamas) e não foram retiradas aparas e ossos. Assim, erros operacionais foram reduzidos, aumentando a acurácia dos dados. Para o cálculo do peso de filé utilizou-se o peso do filé multiplicado por dois.

O filé com costela constituiu-se do filé retirado com costelas, pele, descamado, cortado na linha média ventral e multiplicado por dois. A gordura abdominal advém da musculatura ventral frouxa, onde comumente há maior deposição de gordura nas diferentes linhagens de tilápia do Nilo. Os dados de rendimento foram calculados em relação ao peso do respectivo exemplar.

Ao final de cada experimento foram coletados seis peixes por tratamento para determinação da composição corporal. Estes foram eutanasiados por imersão em água com benzocaína e armazenados em freezer a -20 °C. Posteriormente foram moídos individualmente e submetidos a secagem em estufas de ventilação forçada por 72 horas a 55 °C. Em seguida foram novamente conservados em freezer a -20 °C para posterior análise de composição centesimal. Finalmente, em posse das amostras secas, realizou-se a determinação de proteína bruta, energia bruta, extrato etéreo, cinzas, Ca e P, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG.

Adicionalmente foi determinada a atividade de água (Aw) no Laboratório de Tecnologia de Carnes e Derivados (LabCarnes) do Departamento de Ciência dos Alimentos (DCA) da Universidade Federal de Lavras - UFLA.

Para as análises de composição centesimal foram amostrados dois peixes por unidade experimental (caixa adaptada), totalizando 6 peixes/tratamento. As análises seguiram a metodologia descrita por AOAC (2005).

- Umidade e matéria seca: as amostras foram desidratadas em estufa a 105 °C, até peso constante;
- Cinza (minerais): determinada por incineração da matéria orgânica, em forno mufla a 550°C, até peso constante;
- Proteína bruta: foi utilizado o método de Kjeldahl para determinar o nitrogênio total. Este método baseia-se no conteúdo de nitrogênio da matéria orgânica, incluindo o nitrogênio protéico propriamente dito e outros compostos nitrogenados não protéicos, tais como aminas, aminoácidos, entre outros. Neste caso, o resultado foi expresso em proteínas bruta ou total, utilizando-se para o cálculo o fator 6,25;
- Energia bruta: a energia bruta foi calculada por meio do método de bomba calorimétrica;
- Extrato etéreo (lipídeos): o conteúdo de gordura foi determinado nas amostras desidratadas por meio do método de Soxhlet, utilizando éter de petróleo como solvente extrator;
- Cálcio e Fósforo: determinados por métodos colorimétricos segundo Ferro & Ham (1957) e Nakamura (1957);
- Atividade de água (Aw): a Aw foi mensurada por meio da metodologia conhecida como ponto de orvalho. A amostra foi acondicionada em cápsula plástica, em equilíbrio com a atmosfera interna do equipamento, através do instrumento Aqualab®, modelo CX2 (Decagon Devices Inc. WA, USA). O valor da atividade de água é registrado quando há a formação da primeira gota de orvalho em função do equilíbrio alcançado entre a fase líquida presente na amostra, e a fase gasosa.

4.2.7 Índices somáticos e morfometria de órgãos

Realizou-se a biometria dos órgãos que compõem o sistema digestório para avaliação do desenvolvimento intestinal expresso pelo comprimento e peso relativo (Leitão, 2007).

Os peixes foram dissecados para retirada e pesagem de conteúdo visceral, estômago, fígado e intestino. Além disso foi determinado comprimento total do intestino.

Foram avaliadas as relações somáticas: fator de condição (K), índice hepatossomático (IHS), peso relativo de estômago vazio e peso relativo de intestino por intermédio das seguintes fórmulas:

- Fator de condição (K) = $100 \times [\text{peso}/(\text{comprimento total})^3]$;
- Índice hepatossomático (IHS) = $[100 \times (\text{peso do fígado (g)}/\text{peso corporal (g)})]$;
- Peso relativo de estômago vazio (PRE) = $[(\text{peso do estômago(g)}/\text{peso corporal (g)})]$;
- Peso relativo de intestino (PRI) = $[(\text{peso do intestino (g)}/\text{peso corporal (g)})]$;

O método alométrico utilizado na determinação do fator de condição (K) gera resultados que não sofrem distorções em função da variação de comprimento dos indivíduos e permite a comparação de amostras formadas por indivíduos de diferentes tamanhos (Braga 1986; Lima-Junior et al., 2002)

4.2.8 Análise econômica das estratégias de restrição alimentar

Fez-se a avaliação econômica tomando-se como base para os dois ensaios e suas respectivas projeções, apenas os custos com alimentação (ração) e os envolvidos com mão de obra, tanto aquela utilizada exclusivamente no arraçamento como também por meio de dispensas em turnos. Nesse sentido, os demais itens de custo foram entendidos como constantes e similares para os contextos considerados, não sendo dessa forma objetos de análise.

O custo da hora-homem foi aferido a partir do valor de salário mínimo vigente em janeiro de 2014 ((R\$ 724,00 + 65 % de encargos sociais diretos)/200 horas), tendo como critério o uso de horas-homem acrescidas de horas extras e ou descanso remunerado quando do cálculo das dispensas de mão de obra em sábados e domingos. Nesse sentido, os valores de remuneração considerados para hora-homem e hora-extra em fins de semana foram R\$ 5,97 e R\$ 10,45, respectivamente.

O estudo dos indicadores econômicos dos diferentes tratamentos foi realizado a partir de adaptação dos cálculos descritos por Lanna (1999) e Togashi (2004).

- *Renda Bruta Média (RBM)* – valor em reais (R\$) obtido em função do ganho em biomassa no período avaliado em quilogramas (GB) e o preço do quilo da tilápia em R\$ (PT).

$$\text{RBM} = \text{GB} \times \text{PT}$$

- *Custo Médio de Arraçamento (CMA) ou Custo Alimentar (CuA)* – custo total relativo ao consumo de ração no período avaliado (CR) em função do custo médio do quilo da ração e da conversão alimentar (CA) do lote de peixes.

$$\text{CMA} = \text{CR no período} \times \text{custo ração} \times \text{conversão alimentar}$$

- *Margem Bruta Média (MBM)* = diferença entre a renda bruta média e os custos com alimentação.

$$\text{MBM} = \text{RBM} - \text{CMA}$$

- *Rentabilidade Média (RM)* – divisão entre a margem bruta média e o custo médio de alimentação.

$$\text{RM} = \text{MBM}/\text{CMA} \times 100$$

- *Índice Relativo de Rentabilidade (IRR)* – relação entre a rentabilidade média dos tratamentos e o controle.

$$IRR = \text{RM do tratamento testado} / \text{RM tratamento controle} \times 100$$

Para o cálculo de índice relativo de rentabilidade foi levado em consideração que os peixes alimentados até a saciedade e sem supressão de quaisquer refeições (tratamento 1) seriam tomados como base, e, por isso, o valor considerado para este tratamento foi de 100. Os demais índices foram calculados em função desse tratamento.

Essa sistemática é similar àquela denominada por Shang (1990) como Sistema de análise parcial de dados na aquicultura (*Partial Budget Analysis in Aquaculture*). Tal sistema consiste na análise parcial do custo de produção, sendo utilizado em situações onde apenas um item do custo operacional sofre variação.

O preço médio de venda considerado foi de R\$ 4,65 para o quilo da tilápia viva. O custo estimado para aquisição da ração comercial de terminação foi de R\$ 2,00/quilo, sendo esse preço tomado em janeiro de 2014, considerando o preço médio na região de Belo Horizonte, quando o câmbio era de U\$ 1,00:R\$ 2,20.

O gasto de horas-homem na operação de arraçoamento em piscicultura intensiva em caixas adaptadas foi fixado em 0,62 h (\approx 37 minutos), sendo 1 tratador capaz de operacionalizar até 50 unidades produtivas por dia.

Para a realização das projeções, foram consideradas pisciculturas hipotéticas com portes de 1, 5 e 10 módulos produtivos, sendo o módulo constituído por 5 caixas com volume individual igual a 2.000 litros (\approx 2 m³).

As projeções de produção se deram em função das produtividades e conversões alimentares encontradas na própria pesquisa e a partir de outras variáveis como densidades de estocagem (40,0 kg/m³) e sobrevivências (80,0 %) para sistema de recirculação.

A otimização da mão de obra em cada uma das projeções foi advinda da redução de horas-homem utilizadas exclusivamente nas operações de arraçoamento e ou dispensa em turnos. Isso foi possível graças à aplicação de método de equivalência mão de obra – ração, que por sua vez permitiu estimar a redução no custo alimentar unitário para cada uma das estratégias alimentares adotadas no presente estudo.

A aferição da produtividade de mão de obra foi realizada com base nos seguintes cálculos:

- *Horas-Homem (HH)* – número de horas dedicadas exclusivamente ao arraçoamento das unidades produtivas, por ciclo (período experimental);

$$HH = \text{n}^\circ \text{ horas/homem/dia} \times \text{n}^\circ \text{ de dias} \times \text{n}^\circ \text{ de meses} \times \text{n}^\circ \text{ de hectares}$$

- *Dias-Homem (DH)* = número de dias dedicados exclusivamente ao arraçoamento das unidades produtivas, por ciclo (período experimental);

$$DH = HH/8$$

- *Produtividade da mão de obra (PMDO)* = rendimento da mão de obra dedicada exclusivamente ao arraçoamento das unidades produtivas em função do ganho em biomassa no período avaliado, em quilogramas (GB);

$$PMDO = DH/GB$$

É importante frisar que a análise econômica se baseou na terminação da tilápia adulta e do custo com ração. Os custos inerentes às instalações e mão de obra, além de outros, variam em função das características de cada sistema produtivo, bem como à escala de produção. Nesse sentido, para efeito de análise, considerou-se os custos citados, como sendo “fixos” para os sistemas similares que adotem as estratégias de manejo alimentar descritas nesse estudo. Quanto aos ganhos econômicos, a composição da margem bruta se dá pela diferença entre as receitas geradas em função da biomassa total de peixes de cada tratamento e os respectivos custos operacionais totais da ração. No entanto, entende-se que a margem bruta obtida para cada estratégia alimentar não representa, necessariamente o lucro real, visto que esse tipo de análise identifica as diferenças influenciadas pelos tratamentos.

Nas análises de sensibilidade para incrementos na remuneração básica tomou-se como referência o salário mínimo vigente. Em seguida foram fixadas quatro faixas salariais conforme a remuneração média paga a trabalhador rural mensalista em cada município. A partir daí, obteve-se quatro grupos de municípios mineiros, classificados da seguinte forma: Grupo 1: 10 % a 20 % de incremento salarial; Grupo 2: 20 % a 30 % de incremento salarial; Grupo 3: 30 % a 40 % de incremento salarial e Grupo 4: acima de 40 % de incremento salarial.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Qualidade de água

Os valores médios das principais variáveis de qualidade da água observadas nas caixas foram $5,0 \pm 0,5$ mg/L para oxigênio dissolvido; $6,9 \pm 0,3$ para pH e $0,01\mu\text{g/L}$ para amônia tóxica. As faixas de temperatura mínima e máxima são apresentados na Figura 4.

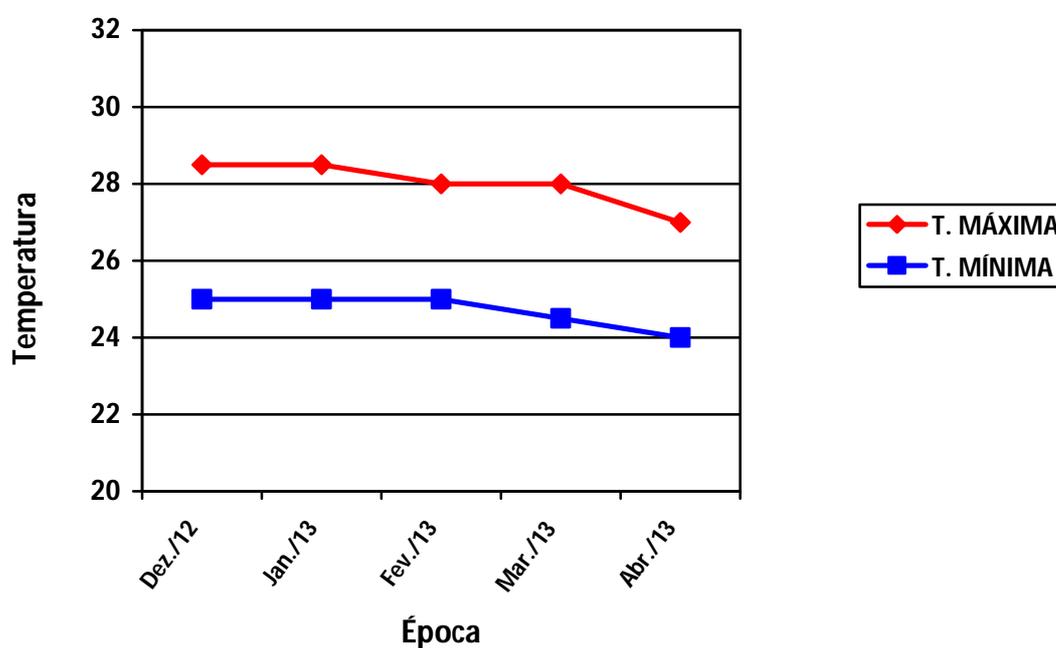


Figura 4. Valores médios mensais de temperaturas máximas e mínimas da água de cultivo das caixas adaptadas, no período de dezembro de 2012 a abril de 2013.

Conforme Boyd (1990), os valores descritos acima atendem aos critérios de qualidade de água para fins de aquicultura, mantendo-se na faixa limite para o cultivo de tilápia-do-nilo.

4.3.2 Desempenho zootécnico

As variáveis de desempenho zootécnico das tilápias submetidas aos manejos alimentares restritivos são apresentados na tabela 4.

Tabela 4. Peso médio inicial (PMI), peso médio final (PMF), ganho de biomassa (GB), ganho de peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de sobrevivência (TS), consumo total de ração (C) e conversão alimentar aparente (CA) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	PMI (g)	PMF (g)	GB	GPD (g)	TCE	TS (%)	C (Kg)	CA
1	0,140	0,602	0,461	3,84	2,08	70,0	12,17	1,50
2	0,143	0,578	0,435	3,63	2,17	82,2	12,84	1,29
3	0,136	0,518	0,381	3,18	2,03	75,6	12,61	1,72
4	0,137	0,533	0,396	3,31	2,12	81,1	12,12	1,37
5	0,133	0,509	0,376	3,14	2,08	81,1	11,78	1,41
CV (%)	16,88	13,42	17,55	17,48	4,04	7,40	4,84	15,93

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

De acordo com a tabela 4, os valores encontrados para peso médio final (PMF), ganho de biomassa (GB), ganho de peso diário (GPD), taxa de crescimento específico (TCE), taxa de sobrevivência (TS), consumo total de ração (C) e conversão alimentar (CA) foram similares estatisticamente ($P > 0,05$) para todos os tratamentos testados.

O consumo alimentar de *Gasterosteus aculeatus* submetidos à ciclos restritivos de dois, quatro e seis dias de jejum seguidos por dois de alimentação à vontade foi maior no primeiro dia de realimentação e essa hiperfagia aumentou com a repetição dos ciclos, apresentando resultados similares ao controle para taxa de crescimento específico e eficiência de crescimento (Ali & Wootton, 2001). Esses resultados são compatíveis em relação àqueles observados no presente ensaio, no que tange a ocorrência de hiperfagia no primeiro dia de realimentação,

período de realimentação com duração de 48 horas e a similaridade com o grupo controle para os referidos índices zootécnicos. Entretanto, de acordo com o monitoramento de consumo realizado no presente ensaio, não foi verificado aumento expressivo no efeito de hiperfagia conforme se repetiram os ciclos. De qualquer modo, essas constatações podem ajudar a explicar por que o consumo total de ração foi similar, mesmo entre aqueles manejos restritivos que eram arranjados com maior número de supressões de refeições por ciclo.

Adicionalmente, estudos como o de Santos (2007) evidenciaram que o nível proteico e relação energia/proteína da ração consumida no período pós-restrição tem efeito preponderante sobre o consumo compensatório, em espécies como o tambaqui (*Colossoma macropomum*). Com base nisso e considerando que o presente ensaio empregou a mesma ração comercial para todos os manejos alimentares restritivos testados, pode-se explicar o fato da ingestão compensatória de ração ter sido similar para todos os tratamentos, durante todo o período analisado.

Os resultados concernentes às conversões alimentares dos grupos testados estão em concordância com trabalhos como o de Ituassú et al. (2004). Ao aplicarem ensaio de restrição alimentar em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*), esses autores observaram que as taxas de assimilação de alimento permaneceram as mesmas dentre os diferentes períodos de privação, concluindo que isso era devido, provavelmente, à grande quantidade de alimento disponível aos peixes após o período de privação.

O aumento da ingestão alimentar e rápido ganho de peso em peixes durante o período de recuperação tem sido acompanhados por melhora na conversão alimentar (Jobling, 1994). A mesma combinação (hiperfagia e eficiência de crescimento) foi relatada posteriormente em carpa (*Gibel carp*) por Qian et al. (2000). Entretanto, em alguns casos, espécies herbívoras como o European minnow (*Phoxinus phoxinus*) e carnívoras como o robalo (*Dicentrarchus labrax*) sob restrição alimentar mostraram melhor eficiência alimentar sem que houvesse aumento na ingestão de alimento (Russel & Wootton, 1992; Eroldogan et al., 2004).

Adicionalmente, em ensaio realizado por Stefansson et al. (2009) com salmão do Atlântico os valores de FCE (taxa de eficiência alimentar) apresentados entre a 4ª e 6ª semana pelos grupos controle e com 25 % de restrição foi de 1,37 e 1,15 respectivamente. Nesses casos, seria de grande valia a realização de análises econômicas utilizando-se, por exemplo, a relação custo-benefício, visto que mesmo não havendo diferença estatística expressiva para conversão alimentar, é possível que haja maior retorno econômico no cultivo dos peixes submetidos à restrição, graças à melhor assimilação do alimento fornecido.

Para que os reflexos de tal estratégia alimentar possam surtir resultados concretos, o período de aplicação do regime alimentar restritivo deverá ser extenso ou mesmo desenvolvidos novos protocolos que assegurem a alta eficiência alimentar dos peixes durante todo o período de engorda. Portanto, é importante que experimentos dessa natureza sejam conduzidos também por períodos que coincidam com o ciclo produtivo das espécies alvo, a fim de se obter informações que possam subsidiar a aplicabilidade do programa alimentar sugerido.

O ensaio em análise buscou seguir esse critério ao propiciar duração de 120 dias (4 meses), o que consiste na quase totalidade do tempo médio de engorda da espécie em condições de cultivo comercial, sob sistema intensivo de produção.

4.3.3 Ingestão compensatória de ração

Os peixes submetidos à privação alimentar apresentaram ingestão compensatória de ração quando a alimentação foi restabelecida, mesmo que em curto intervalo de tempo.

Em face da ocorrência da ingestão compensatória, não se obteve os níveis de restrição conforme era esperado. Nesse sentido, de acordo com a análise estatística dos dados, constatou-se que não houve diferença significativa em termos de quantidade total de ração consumida, para ambos os tratamentos.

O comportamento alimentar foi bem distinto conforme cada tratamento aplicado, podendo ser observado incremento de consumo nos tratamentos 2 e 3, em relação ao grupo controle. A figura 5 mostra as reduções e aumentos observados na quantidade total de ração consumida dos grupos testados, em relação ao grupo controle, continuamente alimentado.

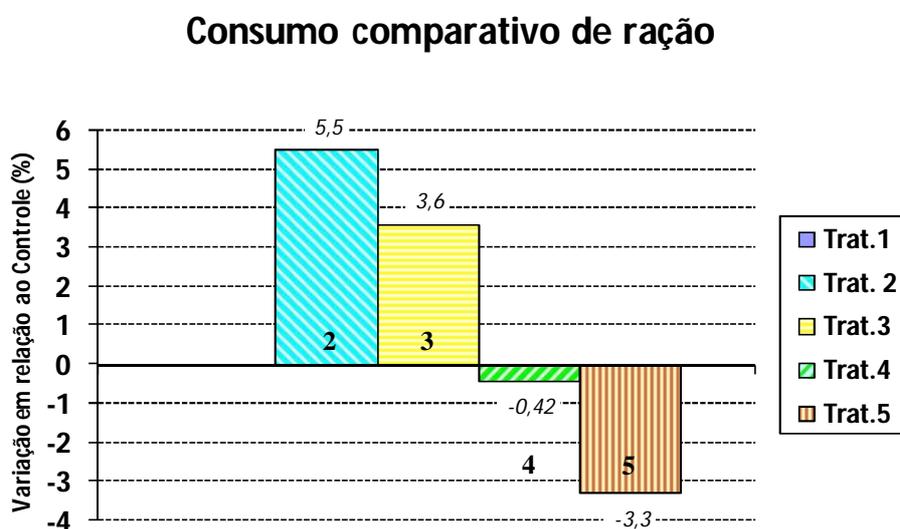


Figura 5. Variação no consumo total de ração dos tratamentos-teste em relação ao grupo controle, em ensaio sobre restrição alimentar programada em tilápias-do-Nilo cultivadas sob sistema de recirculação.

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

Após longo período de jejum, aves apresentam desequilíbrio orgânico e tendem a consumir mais do que o necessário, para manutenção das atividades metabólicas, verificado por mudanças no consumo, como aumento na voracidade de alimentação, enchimento excessivo do papo no dia seguinte à restrição (dia de realimentação) e antecipação de consumo quando da aplicação da restrição alimentar (May & Lott, citados por Barbarino Jr., 1995).

Esses desvios de comportamento alimentar também são observados em peixes e podem trazer sérios problemas às pisciculturas. Um deles diz respeito ao elevado aumento na

desuniformidade de lotes em consequência da maior competição por alimento. Quando essa concorrência pelo alimento se dá em sistemas intensivos de produção como o de tanques-rede ou caixas adaptadas, que prevêem altas densidades animais e pequenas áreas de alimentação observa-se também aumento nas taxas de reprovação de carcaças nas unidades processadoras, por ocasião de ferimentos e outras inconformidades. Esses tipos de eventos não costumam ser aferidos com exatidão na maioria das pisciculturas, mas têm provocado diversas restrições de acesso desse pescado à determinados canais de comercialização, bem como a redução dos preços pagos e prejuízos econômicos diretos em razão dos peixes refugados.

Todos os lotes testados apresentaram ingestão compensatória em relação ao grupo controle. Esse resultado contrasta com o observado no ensaio de Saita (2010), com juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). No entanto, há concordância com outras investigações a cerca de consumo compensatório em várias espécies como em *Pagrus pagrus L.* (Rueda et al., 1998), híbrido de tilápia “*Oreochromis mossambicus* × *O. niloticus*” (Wang et al., 2000), híbrido de sunfish (Hayward & Wang, 2001); barramundi “*Lates calcarifer*” (Tian e Qin, 2003), European whitefish “*Coregonus lavaretus L.*” (Kankanen & Pirhonen et al., 2009) e tilápia-do-nilo “*Oreochromis niloticus*” (Palma et al., 2010), dentre outras.

Há menor número de trabalhos investigando a adoção de restrição alimentar quantitativa em curtos intervalos de tempo e numa baixa intensidade, aplicadas por meio de supressão de refeições não consecutivas em espécies comerciais. Os trabalhos que mais se assemelham ao presente protocolo são os que adotam a restrição parcial com base na redução da taxa alimentar diária. Por esse motivo a comparação ou cruzamento de dados provenientes de outros trabalhos, sendo os mesmos de natureza zootécnica ou econômica, se torna mais limitada.

A estratégia de restrição baseada na supressão de refeições seguida de realimentação não controlada, dentro de ciclos semanais, aparentemente, não foi capaz de minimizar o consumo compensatório de ração dos peixes desse ensaio. De forma adversa, o fato do presente ensaio ter sido configurado a partir de períodos de privação não consecutivos na semana, pode ter possibilitado a promoção/maximização do consumo compensatório, haja vista que durante o ciclo restritivo ocorriam maior número de curtos períodos de realimentação.

Nesse sentido, a ocorrência de ingestão compensatória de ração na intensidade e condições observadas no presente ensaio, pode ter restringido a ocorrência de melhor desempenho zootécnico dos lotes de peixes, quando se baseia nos reflexos resultantes do crescimento compensatório completo.

A oferta limitada ou controlada de ração durante os primeiros dias na realimentação curta, seja após cada ciclo restritivo ou posterior a fase única de privação, pode constituir-se em manejo eficaz para minimizar os efeitos do consumo exagerado de alimento e suas consequências negativas para a eficiência alimentar dos peixes e economicidade do negócio.

Por outro lado, esse manejo pode ter implicação sobre a competição por alimento, capaz de provocar outros problemas como consumo excessivo nos peixes dominantes e desuniformidade de lotes, dentre outros.

Comparativamente, verificou-se em estudos sobre crescimento compensatório utilizando restrição alimentar em espécies nativas como o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), que havia plena recuperação quando os períodos de realimentação eram mais longos (Souza et al., 2000; 2003; Gonçalves, 2001).

4.3.4 Fator de condição e Rendimentos de cortes comerciais

O fator de condição e rendimentos de cortes comerciais permaneceram inalterados ($P>0,05$) para os diferentes grupos de peixes, conforme está mostrado na tabela 5.

Tabela 5. Fator de condição (K), rendimento de filés com costela (RFC), rendimento de filés (RF), rendimento de gordura abdominal (RGA) e rendimento de contra-filé (RCF) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	K	RFC	RF	RGA
1	1,97	46,5	37,9	3,90
2	1,99	43,6	34,7	3,83
3	2,00	44,5	35,8	3,67
4	1,91	44,2	34,0	3,47
5	1,93	43,1	33,6	3,70
CV (%)	4,0	3,7	5,0	6,0

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

Por meio do fator de condição pode-se acompanhar o grau de atividade alimentar de uma espécie, verificando se ela está ou não fazendo bom uso da fonte nutricional (Weatherley & Gill, 1987) e se apresenta boas condições fisiológicas (Souza et al., 2003).

O resultado ao final do ensaio, expresso por meio dos fatores de condição dos diferentes lotes de peixes, exprime que os mesmos toleraram bem as restrições, não apresentando desbalanços entre o crescimento tecidual e ósseo.

Adicionalmente, os dados de rendimentos corporais obtidos reforçam que os peixes testados também mantiveram normais as correlações de peso entre as partes e todo o corpo, ao final do período experimental.

4.3.5 Composição centesimal de carcaça

Os dados de composição centesimal de carcaça das tilápias submetidas aos manejos alimentares restritivos são apresentados na tabela 6.

Tabela 6. Umidade, proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), cinzas, cálcio (Ca) e fósforo (P) da carcaça de tilápia-do-nilocultivada em sistema intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	Umidade (%)	PB (%MS)	EB (cal/g)	EE (%MS)	Cinzas (%MS)	Ca (%MS)	P (%MS)
1	70,59	56,63	5599,57	23,22	14,41	2,90	2,05
2	70,23	57,82	5397,50	25,39	14,44	3,17	2,22
3	71,83	56,16	5498,38	20,30	15,41	3,39	2,39
4	70,88	55,49	5606,27	23,31	14,45	3,10	2,35
5	70,70	57,65	5937,12	23,09	15,18	2,98	2,11
CV (%)	1,79	3,78	4,18	13,33	11,31	19,48	17,34

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

A umidade, proteína bruta (PB), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE) e cinzas das carcaças dos peixes submetidos aos diferentes manejos alimentares, mostraram-se similares estatisticamente ($P>0,05$) para os diferentes grupos de peixes.

Existem diferentes opiniões sobre se o ganho compensatório em frangos é devido ao aumento de proteína (Jones & Farrell, 1992), ao depósito de gordura (Zubair & Leeson, 1996; Sugeta et al., 2002), ou à combinação destes (citado por Sugeta et al., 2002).

No presente ensaio, não houve detecção de aumento considerável nas concentrações de proteína na carcaça, bem como a análise de composição centesimal e de rendimentos de cortes não registrou alteração significativa de gordura na carcaça e nos rendimentos de cortes comerciais como o contra-filé e barriguinha.

O excesso de gordura perivisceral geralmente ocorre em razão de desbalanços da dieta, principalmente na relação energia/proteína. Ao considerarmos que as proteínas também podem ser usadas como fonte energética e que o organismo animal é capaz de aumentar as taxas de excreção de produtos nitrogenados em resposta à altos níveis protéicos, é provável que além da relação energia/proteína, o elevado conteúdo energético das rações associado à manejos alimentares inadequados sejam os maiores responsáveis pela acumulação demasiada de gordura na carcaça e ou vísceras dos peixes. Com base nisso, a adequada aplicação de manejo alimentar restritivo pode incorrer em manutenção de melhor acabamento de carcaça pelo simples fato de reduzir o consumo excessivo e desperdícios de ração.

A utilização de uma ração completa e de boa qualidade favorece a recuperação dos tecidos corporais e conseqüentemente, dos seus metabólitos, apresentando respostas satisfatórias para a realimentação dos peixes (Love, 1980). O presente protocolo utilizou ração espécie-específica com 32 % PB a fim de atender melhor as exigências nutricionais da espécie. Ao evitar um efeito depreciativo simultâneo ocasionado pela ação conjunta de dois tipos de restrição, tem-se eventualmente maior probabilidade de potencialização dos efeitos benéficos da restrição quantitativa, em ensaios dessa natureza com peixes. Nesse sentido, é imperativo que protocolos restritivos como o do presente estudo adotem rações comprovadamente superiores em termos qualitativos, atestando seu valor nutritivo, balanceamento e digestibilidade, principalmente, como também aspectos físicos importantes como flutuabilidade e estabilidade dos péletes em água.

As estratégias alimentares devem se concentrar no aumento da musculatura esquelética dos peixes, sendo este um dos principais objetivos zootécnicos da piscicultura, já que o músculo compreende a fração comestível destes animais (Leitão et al., 2012). A análise de composição centesimal e rendimentos dos cortes comerciais têm como objetivos a garantia de qualidade, valoração e maximização da exploração comercial de cada um desses produtos.

Por isso, o ganho compensatório deverá vir acompanhado por melhoria na eficiência alimentar dos peixes, manutenção da qualidade nutricional e de rendimentos industriais normais do pescado e seus respectivos cortes. Do contrário a adoção de planos com restrição alimentar severa poderá acarretar em prejuízo econômico, em virtude do aumento de consumo alimentar, diminuição dos rendimentos industriais e ou comprometimento da qualidade nutricional do pescado.

Com base nessas informações, é reforçada a hipótese de que menores períodos de privação alimentar permitem rápida recuperação e previnem da depreciação na qualidade de carcaça de peixes submetidos à programas de restrição alimentar.

4.3.6 Atividade de água na carcaça

A atividade de água é utilizada na ciência dos alimentos como parâmetro de influência sobre a atividade microbológica do pescado. A atividade de água das carcaças dos peixes submetidos aos diferentes manejos alimentares no presente ensaio não foi afetada de forma expressiva ($P > 0,05$), conforme é observado na tabela 7.

Tabela 7. Atividade de água (A_w) da carcaça de tilápia-do-nilocultivada em sistema semi-intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	A_w	
1	0,990	Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05). *Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.
2	0,988	
3	0,988	
4	0,988	
5	0,989	

4.3.7 Índices somáticos e Morfometria do trato digestório

Os índices morfométricos dos principais órgãos do trato gastrointestinal dos peixes submetidos aos diferentes manejos alimentares estão apresentados na tabela 8.

Tabela 8. Índice viscerossomático (IVS), índice hepatossomático (IHS), peso relativo do estômago vazio (PRE), peso relativo do intestino (PRI) e comprimento do intestino (CI) de tilápia-do-nilo cultivadas em sistema intensivo com água clara (recirculação), sob diferentes estratégias de restrição alimentar.

Tratamentos*	IVS (%)	IHS (%)	PRE (%)	PRI (%)	CI (cm)
1	7,87	1,42	0,38	2,93	217,8
2	8,15	1,21	0,39	3,33	220,4
3	8,56	1,43	0,45	3,44	202,1
4	8,67	1,38	0,41	3,76	221,7
5	7,50	1,52	0,41	3,32	194,2
CV (%)	10,0	12,55	14,9	15,9	13,6

Não houve diferença estatística entre os tratamentos SNK (0,05).

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

Os valores de índice viscerossomático (IVS), índice hepatossomático (IHS), peso relativo do estômago (PRE), peso relativo do intestino (PRI) e comprimento do intestino (CI) dos peixes submetidos aos diferentes tratamentos foram similares estatisticamente ($P > 0,05$).

A redução do tamanho dos órgãos é consequência do decréscimo da quantidade de energia e proteína e da redução da síntese de proteína. O resultado é a hipotrofia das células causando uma redução de toda a massa do órgão (Sainz & Bentley, 1997). Como no presente ensaio não houve redução nos níveis de proteína bruta e energia bruta na carcaça dos peixes testados, podem ser considerados coerentes os resultados para morfometria dos órgãos avaliados.

Esses resultados discordam daqueles observados nos estudos de Takahashi (2007) em que os juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) apresentaram maiores valores de IHS ao final do período experimental quando foram submetidos a ciclos de restrição-realimentação de seis dias, sendo três dias de restrição total de alimento e três dias subsequentes de realimentação. Os mesmos autores explicaram que esse resultado é consequência das maiores concentrações de lipídio e glicogênio estocados no fígado durante a resposta compensatória de ingestão de alimento, indicando que os peixes na realimentação estocaram nutrientes no fígado para serem mobilizados durante a privação alimentar.

Curiosamente, Barcellos et al. (2010) verificaram que os valores de IHS ao final dos períodos de 7, 14 e 21 dias de jejum em adultos da espécie jundiá (*Rhamdia quelen*) diminuíram

($P < 0,01$) e então aumentaram rapidamente aos mesmos níveis do grupo controle durante dois dias de realimentação. Esses autores fazem correlação do IHS com o conteúdo de glicogênio hepático dos peixes ao desvendar que ao final dos períodos de jejum citados, o conteúdo de glicogênio hepático foi reduzido, mas dois dias após a realimentação, o mesmo aumentou atingindo valores que variaram de 1,1 a 3,5 vezes a concentração verificada no grupo controle.

Informações como essa permitem supor que períodos de dois dias de realimentação à saciedade permitem uma recuperação dos estoques energéticos nos principais órgãos de regulação, em algumas espécies de peixes onívoros. Esse mecanismo parece permitir um efeito energético-equalizador, ou seja, realiza uma redistribuição de energia no organismo para a provisão dos tecidos e órgãos vitais em momentos de adversidade e falta de alimento.

Bacalhau (*Gadus morhua*) submetidos a dois períodos de privação alimentar (5 e 10 semanas) e realimentados por 24 dias apresentaram massa relativa do ceco pilórico ($2,21 \pm 0,49$ % vs. $1,78 \pm 0,31$ %) e intestino ($0,95 \pm 0,20$ % vs. $0,77 \pm 0,15$ %) maior que a do grupo controle, sugerindo que o tamanho desses órgãos digestivos podem ter correlação com a capacidade de crescimento compensatório (Bélanger et al., 2002). Rios et al. (2004) submeteram traíras a 30 dias de jejum e observaram redução no tamanho total do intestino, sem alterações na quantidade de cecos pilóricos, enquanto que após período superior a 150 dias, já houve redução significativa na espessura e comprimento desses.

Ao fazer um paralelo entre os resultados do presente ensaio e a literatura consultada, averiguou-se que, provavelmente, a massa (peso) e tamanho (comprimento) de órgãos do trato digestório de peixes somente sofreram alterações significativas quando submetidos a privações alimentares mais severas e por longo período de tempo.

4.2.8 Projeções e Análises econômicas

No planejamento da piscicultura são altamente relevantes os aspectos econômicos da atividade. Investimentos executados sem as devidas análises econômicas podem constituir-se em prejuízo (Casaca & Tomazeli Júnior, 2001).

Nesse sentido, nos trabalhos de pesquisa envolvendo restrição alimentar programada, o fenômeno de crescimento compensatório não deve ser analisado de forma isolada, pois isso pode levar a conclusões precipitadas e ou equivocadas em termos de viabilidade econômica, quando se pretende aplicar planos de restrição alimentar nas pisciculturas comerciais.

A tabela 9 apresenta alguns índices econômicos resultantes da aplicação dos manejos alimentares nos lotes de peixes do referido ensaio.

Tabela 9. Dados de receita bruta média (RBM), custo com alimentação (CuA), margem bruta média (MBM), rentabilidade média (RM) e índice relativo de rentabilidade (IRR) do sistema intensivo em recirculação (1 módulo com 5 caixas-terminadoras), em função da estratégia de restrição alimentar imposta, sem dedução de mão de obra.

Itens	Estratégia alimentar*				
	1	2	3	4	5
RBM (R\$) ¹	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
CuA (R\$) ²	1,17	1,06	1,17	1,17	1,17
MBM (R\$)	0,73	0,85	0,73	0,73	0,73
MBR (%)	100,0	115,6	100,0	100,0	100,0
RM (%)	62,59	80,23	62,59	62,59	62,59
IRR (%)	100,0	128,2	100,0	100,0	100,0

¹Considerando ganho em biomassa (GB) similar ($P>0,2$) para todos os tratamentos.

²Considerando conversão alimentar (CA) diferente ($P<0,2$) para T2, em relação aos demais.

*Tratamento 1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

O tratamento 2 apresentou um incremento de 15 % na margem bruta relativa em comparação ao tratamento controle.

Souza et al. (2003) afirmaram que a adoção de estratégias de alimentação com ciclos curtos de restrição e realimentação são práticas de alimentação que podem ter efeitos significativos no custo de produção e na rentabilidade da produção de peixes.

O peso médio final e a maior uniformidade dos lotes de peixes pertencentes ao grupo 2 podem ter sido decisivos para o melhor resultado econômico, verificado para essa estratégia alimentar. Aliado a isso, os peixes desse grupo apresentaram boa conversão alimentar, o que contribuiu para uma melhor utilização dos ingredientes alimentares fornecidos. A TCE corrobora com essa afirmação, ao comprovar que os peixes submetidos ao tratamento 2 exibiram boa taxa de crescimento.

Apesar do método estatístico não ter constatado diferença significativa para peso médio final (PMF) e ganho em biomassa (GB) dentre todos os tratamentos avaliados, a análise econômica, ao considerar valores exatos, foi capaz de demonstrar as implicações financeiras decorrentes das referidas estratégias alimentares.

Por meio da equivalência mão de obra - ração e a execução de projeções econômicas realizou-se a dedução do custo de mão de obra empregada no arraçamento. A partir desses dados, fez-se nova análise de rentabilidade bruta para um módulo produtivo, gerando as informações constantes na tabela 10.

Tabela 10. Projeções econômicas para piscicultura em recirculação (1 módulo), adotando-se dispensa parcial de mão de obra exclusivamente empregada na operação de arraçamento.

Estratégia alimentar*	CA ¹	Produção estimada para 5 cx 2000L ^{**2} (kg/ciclo)	Custo alimentar ³ (R\$/ciclo)	Redução de mdo arraçamento ^{4***} (horas/ciclo)	Índice redutor ⁵ (R\$/ciclo)	Gasto alimentar total deduzido ⁶ (R\$/ciclo)	Receita total ⁷ (R\$/ciclo)	Custo alimentar total deduzido ⁸ (R\$/ciclo)	MBM deduzida ⁹ (R\$/ciclo)	MBR deduzida ¹⁰ (%)
1	1,43	393,60	562,85			562,85	1.830,24	1.125,70	704,54	100,0
2	1,29	393,60	507,74	10,08	53	455,06	1.830,24	910,12	920,12	130,60
3	1,43	393,60	562,85	20,16	83	480,06	1.830,24	960,12	870,12	123,50
4	1,43	393,60	562,85	30,24	113	449,96	1.830,24	899,92	930,32	132,05
5	1,43	393,60	562,85	40,32	166	397,28	1.830,24	794,55	1.035,69	147,00

*1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

** Projeções com base em 1 módulo produtivo em sistema de recirculação.

*** Contabiliza-se dispensa parcial (4 h) de mão de obra exclusivamente empregada na operação de arraçamento. Mês com 4 fins de semana, sem feriado e ciclo de 4 meses (terminação - ensaio experimental). Regime integral + horas extras (sábado) e repouso remunerado (domingo).

¹ A conversão alimentar do grupo 2 distingue-se, estatisticamente ($P < 0,2$), em relação a dos demais grupos;

² Ganho em biomassa similar ($P > 0,05$), densidade em caixas adaptadas com 2 m³ e sobrevivência de 80,0 % na terminação (produção estanque);

³ Dados da primeira análise de rentabilidade (sem aplicar o índice redutor da mão de obra);

⁴ Dedicção de 0,62 h/dia/tratador/módulo;

⁵ Equivalente mão de obra – ração sendo a hora-homem normal igual a R\$ 5,97 e preço médio da ração de terminação à R\$ 2,00/kg;

⁶ Resultado da multiplicação da biomassa produzida pelo custo alimentar unitário;

⁷ Resultado da multiplicação da produção estimada pelo preço de venda no atacado (R\$ 4,65/kg vivo);

⁸ Custo alimentar após dedução de custo com mão de obra empregada no arraçamento por ciclo;

⁹ Margem bruta média após dedução do custo com mão de obra empregada no arraçamento;

¹⁰ Margem bruta relativa após dedução do custo com mão de obra empregada no arraçamento.

Ao fixar o custo alimentar deduzido e aplicar a análise de rentabilidade, apreende-se que com a redução na mão de obra, a rentabilidade bruta média é maximizada em até 47 % (Tabela 10), ao se adotar as diferentes formas e intensidades de manejo alimentar restritivo.

Ao considerarmos outros custos inerentes à rotina operacional das pisciculturas quando da aplicação de manejo alimentar restritivo, os tratamentos 2, 4 e 5 podem trazer resultados econômicos vantajosos, sobretudo, nas situações de alta escala de produção (economia de escala).

Por meio das projeções constantes na tabela 10 também é possível constatar o grau de influência positiva que a eficiência alimentar tem sobre a rentabilidade do negócio, principalmente em relação ao tratamento 2, o qual obteve praticamente a mesma MBR do tratamento 4, mesmo aplicando dois dias a menos de restrição alimentar.

Albanez et al. (2000) e Lana et al. (2000) sugeriram que a restrição severa no consumo de aves de corte por um período curto de tempo e em idade que permita a recuperação antes da idade de abate pode levar a um crescimento compensatório, além de reduzir o consumo de ração e, conseqüentemente, aumentar a viabilidade econômica.

O simples fato de possibilitar a manutenção de satisfatória eficiência alimentar e maior racionalização de mão de obra, faz com que os tratamentos 4 e 5, principalmente, proporcionem maior rentabilidade econômica às pisciculturas hipotéticas, simuladas a partir desses dados.

Portanto, mesmo não havendo diferenças marcantes no desempenho zootécnico, a otimização de mão de obra pode tornar o manejo alimentar ecológico-econômico (MAEE) mais interessante do ponto de vista financeiro.

Quando se leva em consideração a redução de custos diretos com a mão de obra, os grupos 4 e 5 passaram a apresentar melhor rentabilidade que o grupo controle, quando comparado à situação anterior. Esse resultado advém da implicação direta do aumento na eficiência da mão de obra, nesses casos, conforme pode ser observado na tabela 11.

Tabela 11. Indicadores de rendimento da mão de obra conforme manejo alimentar restritivo adotado em sistema intensivo em águas claras (recirculação), usando caixas adaptadas.

Indicadores de rendimento operacional (ciclo)	Estratégias alimentares restritivas*				
	1	2	3	4	5
Horas-homem (HH)	120	112	104	96	88
Dias-homem (DH)	15	14	13	12	11
Produtividade da mão de obra (PMDO)	29,50	29,83	28,14	31,68	32,81

*1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

¹Horas-Homem (HH) – número de horas dedicadas exclusivamente ao arraçoamento das unidades produtivas, por ciclo (HH = n° horas/homem/dia x n° de dias x n° de meses);

²Dias-Homem (DH) = número de dias dedicados exclusivamente ao arraçoamento das unidades produtivas, por ciclo (período experimental) (DH = HH/8);

³Produtividade da mão de obra (PMDO) = rendimento da mão de obra dedicada exclusivamente ao arraçoamento das unidades produtivas em função do ganho em biomassa no período avaliado, em quilogramas (PMDO = DH/GB).

Nota-se a partir dos dados apresentados acima que o tratamento 5 obteve 11,22 % de acréscimo na produtividade da mão de obra, quando comparado ao grupo controle.

Análises de sensibilidade

Análises quanto à estabilidade dos índices econômicos foram aferidas com o objetivo de avaliar a melhor forma de condução da piscicultura hipotética em meio às variantes de mercado. Os resultados dessas análises são mostrados nas tabelas 12, 13 e 14, a seguir.

Tabela 12. Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação de preços da ração comercial, considerando projeções para piscicultura em recirculação (1 módulo) e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçamento.

Tratamentos*	Variação nos preços da ração (R\$/Kg)				
	10 % inferior	5 % inferior	R\$2,00**	5 % superior	10 % superior
1	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
2	125,03 %***	127,61 %	130,60 %	134,10 %	138,28 %
3	120,26 %	121,76 %	123,50 %	125,54 %	127,97 %
4	127,63 %	129,68 %	132,05 %	134,83 %	138,14 %
5	140,53 %	143,52 %	147,00 %	151,08 %	155,94 %

*1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

** Preço corrente de ração comercial para terminação com 32% PB;

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como referência o grupo controle (100%).

A partir dos dados da tabela 12, verifica-se que quando o preço da ração aumenta os lotes de peixes submetidos à todas as estratégias de restrição alimentar programada, do presente estudo, obtiveram incremento de rentabilidade bruta relativa da ordem de 25 a 55 pontos percentuais, em comparação ao grupo controle. Esse tipo de reflexo se deve, principalmente, à melhoria de conversão alimentar no grupo 2 ($P < 0,2$) e à otimização de mão de obra nos grupos 3, 4 e 5. Mesmo não tendo ocorrido restrição alimentar efetiva, em consequência do consumo compensatório, tais fatores promoveram um efeito compensatório-econômico, frente ao aumento do custo de ração.

A potencialização de ganhos econômicos à partir das estratégias restritivas foi tão expressiva que mesmo nas situações onde o preço da ração foi inferior, se manteve a superioridade das margens brutas relativas, em relação ao grupo controle.

Tabela 13. Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e da variação nos preços de venda do pescado (kg vivo), considerando projeções para piscicultura em recirculação (1 módulo) e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçamento.

Tratamentos*	Preço de Venda (R\$/Kg)				
	10 % inferior	5 % inferior	R\$4,65**	5 % superior	10 % superior
1	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
2	141,3 %***	135,2 %	130,6 %	127,1 %	124,3 %
3	131,7 %	127,0 %	123,5 %	120,8 %	118,7 %
4	143,3 %	136,8 %	132,0 %	128,4 %	125,4 %
5	163,5 %	154,0 %	147,0 %	141,6 %	137,3 %

*1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

**Preço de venda (em kg vivo) pago por Frigorífico especializado.

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como referência o grupo controle (100%).

A interpretação das informações contidas na tabela 13 permite inferir que o tratamento 5 foi o que apresentou as maiores rentabilidades brutas em todos os níveis de preço de venda simulados, em relação ao respectivo grupo controle.

Adicionalmente, o manejo alimentar restritivo pode trazer maior bonificação financeira aos empreendimentos aquícolas que comercializam produtos com menor grau de beneficiamento e/ou que geram margens de lucro mais estreitas.

Tabela 14: Margens brutas relativas em função do manejo alimentar restritivo e do aumento no valor de mão de obra (salário base), considerando projeções para piscicultura em recirculação (1 módulo) e dedução de mão de obra empregada exclusivamente no arraçamento.

Tratamentos*	Valor de mão de obra (salário base - R\$)				
	SM**	10 % superior	20 % superior	30 % superior	40 % superior
1	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %
2	130,6 %***	132,1 %	133,6 %	135,1 %	136,6 %
3	123,5 %	125,9 %	128,2 %	130,6 %	132,9 %
4	132,0 %	135,3 %	138,5 %	141,7 %	144,9 %
5	147,0 %	151,7 %	156,4 %	161,1 %	165,8 %

*1: Alimentação à saciedade aparente; 2: Supressão de uma refeição na semana; 3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; 4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; 5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

**SM = Salário mínimo

***Os valores de MBR são apresentados tomando-se como referência o grupo controle (100 %).

Conforme mostrado na tabela 14, o manejo alimentar restritivo proporcionou aumento linear na margem bruta relativa dentro de cada tratamento à cada mudança de faixa salarial, assim como, maior rentabilidade quando comparado ao respectivo grupo controle. Dentre todos as estratégias alimentares testadas, àquela concernente ao tratamento 5 foi a que gerou maiores margens brutas relativas, em todos os níveis de remuneração básica.

Os empresários rurais brasileiros tem tido dificuldade na contratação de trabalhadores rurais para execução das atividades agropecuárias, em geral. Dentre vários outros motivos e fatores relacionados a essa carência de mão de obra no campo, destaca-se a ampliação dos segmentos industrial e minerador no interior do estado, incorrendo em alta absorção de mão de obra e inflacionamento do recurso humano.

Além disso há também a influência de fatores psicológicos atrelados a hábitos e preferências pessoais do empregado, que ao ter opção de trabalho no meio urbano muitas das vezes o escolhe, em detrimento do rural, no qual, geralmente não lhe é facultado folgar em fins de semana e feriados.

A análise do conjunto de normas contidas na Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT) revela que foi estabelecida uma premissa de que o empregador somente está legitimado para dispor da força de trabalho do empregado se observar as regras que a tanto o autorizam, especialmente quando importa em sobrecarga (Brandão, 2009). A legislação trabalhista brasileira garante ao empregador o direito unilateral de exigir o trabalho em regime de horas extras, independentemente de acordo ou convenção coletiva de trabalho, ante a ocorrência de situações cerebrinas, inusitadas, ocasionadas por necessidade imperiosa e totalmente alheias à vontade do empregador (Nascimento, 2014).

Todavia, no momento em que há confirmação pelo critério e rigor científico de que a supressão planejada de algumas refeições na semana não acarretará em dano financeiro, pode haver descaracterização da condicionante que permite a prorrogação da jornada normal por meio de horas extras para conclusão de serviços inadiáveis ou cuja inexecução possa resultar em prejuízo manifesto ao empregador.

Em situações como essas, o manejo alimentar com privação alimentar parcial aos finais de semana pode se configurar em alternativa interessante para a confecção de contratos de trabalho menos onerosos ao empregador e com o devido atendimento das consonantes estabelecidas na Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT).

Ao oferecer apropriada resposta econômica em contextos marcados por alta dos preços de ração e custo de mão de obra, o tratamento 5 se mostra como boa alternativa na condução do manejo alimentar de pisciculturas intensivas, que se enquadrem em condições similares a do presente estudo.

Conforme Melo (2008), a dominação pelos custos é a ferramenta para empresas que não conseguem se diferenciar pela qualidade ou atributos extrínsecos ao produto, tal que a diminuição dos custos se torna um diferencial que eleva a empresa a ser uma das líderes de mercado, não só pelos preços, mas também pela lucratividade.

Sobretudo, a disponibilização de pessoal quando da supressão de alguns arraçoamentos libera mão de obra mais qualificada para outras operações que requerem habilidade específica ou experiência, como nas despescas e manejos de repicagem e seleção. Dessa forma, a adoção desse tipo de manejo pode elevar a qualidade e o rendimento operacional na realização das tarefas, bem como prevenir a ocorrência de acidentes de trabalho e manipulações inadequadas dos peixes, o que traria inconvenientes ao empregado e à empresa.

Se a propriedade atua de forma diversificada, a flexibilização de mão de obra pode também beneficiar outras atividades econômicas, e, por meio do competente planejamento, gerar economias expressivas no balanço contábil geral.

Corrêa et al. (2008) ilustraram bem essa situação, ao diagnosticarem que, no Vale do Ribeira - SP, pequenas pisciculturas (< 50 ha) estão associadas a outras atividades agropecuárias, onde apenas 36 % dos produtores tem a piscicultura como atividade principal, com predominância da criação em viveiros escavados e com utilização de ração. Nestas, os altos custos da ração tem diminuído a margem de lucro e feito com que os pequenos piscicultores busquem formas alternativas de alimentação para os peixes.

No intuito de atender demandas como essas últimas, levantadas em diagnósticos como os de Corrêa et al. (2008) ou mesmo se tratando de outros sistemas produtivos mais intensivos e mais dependentes de ração (ex. tanque-rede; recirculação), se constata que há possibilidade de dispensar o funcionário/tratador no respectivo turno em que a refeição será suprimida. Essa decisão deverá levar em consideração o porte da piscicultura, a diversificação de atividades na propriedade, a divisão do trabalho e a necessidade ou não do remanejamento de operações ou rotinas para os dias em que não houver supressão de refeição.

Os resultados das projeções econômicas para pisciculturas com 1, 5 e 10 módulos estão apresentados sucintamente na figura 08 por meio das margens brutas relativas para cada tratamento. Essa análise teve como fator diferencial a supressão de turnos parciais de trabalho (4 horas), ao invés de deduzir somente o tempo de dedicação exclusivo à realização do arraçoamento nas unidades produtivas.

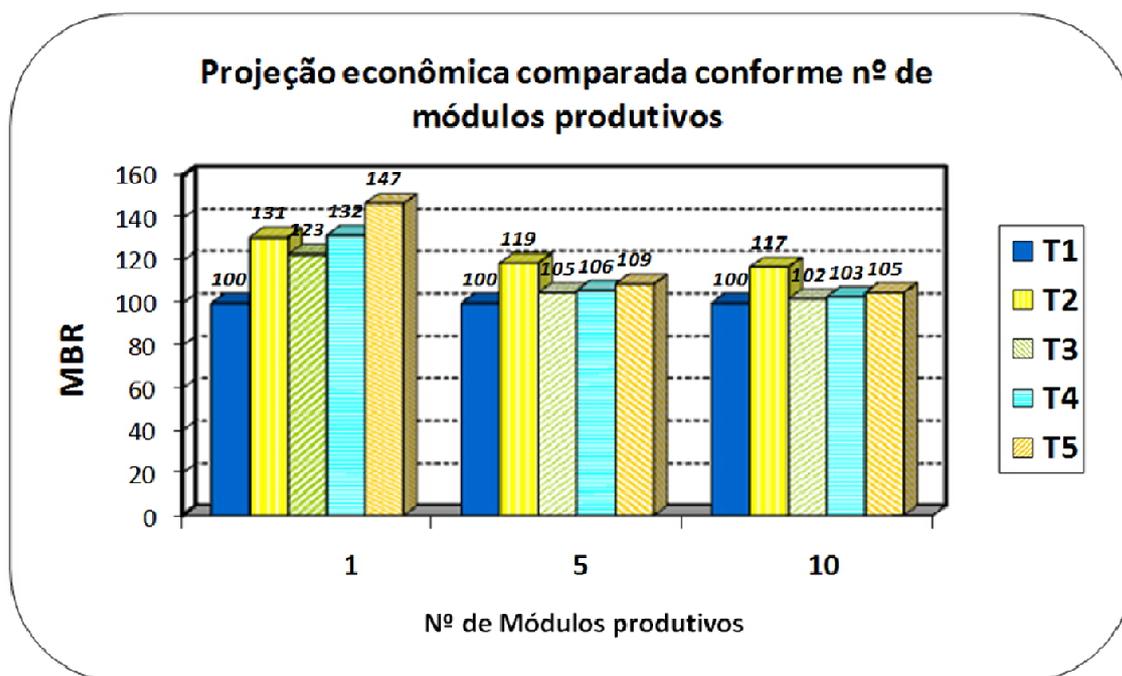


Figura 6. Margens brutas relativas obtidas das projeções econômicas de três pisciculturas hipotéticas em sistema de recirculação (caixas adaptadas), com diferentes volumes de produção, conforme os manejos alimentares restritivos aplicados.

*T1: Alimentação à saciedade aparente; T2: Supressão de uma refeição na semana; T3: Supressão de duas refeições não consecutivas na semana; T4: Supressão de três refeições não consecutivas na semana; T5: Supressão de quatro refeições não consecutivas na semana.

Os incrementos nas margens brutas relativas foram maiores para a piscicultura com 1 módulo produtivo (5 caixas-terminadoras), quando comparado às pisciculturas com 5 e 10 módulos, respectivamente.

Na simulação econômica do presente estudo considerou-se que um funcionário/tratador é capaz de arrastar eficazmente até 50 unidades-terminadoras por trato. Essa premissa faz com que a piscicultura de pequeno porte, que faz uso de ao menos um funcionário contratado, tenha um ônus empregatício maior sobre sua renda bruta global, quando comparado às pisciculturas com 5 e 10 módulos.

Nas condições onde a produção é em maior escala, a participação do item mão de obra no custo final unitário é mais diluída, e, portanto, tem menor impacto quando comparado à piscicultura com um módulo. Por outro lado, a participação de insumos como a ração no custo final unitário, passa a ser mais determinante. Por isso, a melhoria da conversão alimentar percebida no grupo 2 repercutiu em maior rentabilidade bruta, em comparação aos grupos 3, 4 e 5, nas simulações com as piscicultura hipotéticas de maior porte (5 e 10 módulos).

A interpretação da figura 6 ainda permite deduzir que o manejo alimentar restritivo associado à otimização de recursos humanos pode trazer melhores resultados econômicos e até mesmo viabilizar empreendimentos de pequeno e médio porte, que antes apresentavam limitações analítico-financeiras para sua implantação.

Apesar de se figurarem bem menores quando comparados aos da piscicultura com 1 módulo, os incrementos na rentabilidade bruta estimados para piscicultura com 10 módulos estão no patamar de 20 %, não sendo, portanto, considerados baixos. Dessa forma, a modesta melhoria tem potencial para alterar completamente o quadro financeiro também nesse perfil de piscicultura, em contextos específicos.

Ao analisar por outro ângulo, compreende-se que o preço de venda passa a ser determinante conforme se aumenta o volume de produção, pois por menor que sejam as diferenças nos preços há grandes reflexos no resultado econômico final. Vera-Calderón & Ferreira (2004) afirmaram que as condições de comercialização influem muito no preço de venda que, por sua vez, pode tornar viável ou inviável economicamente um empreendimento. Não adianta produzir em grande escala se o preço de venda for muito baixo.

Nesse sentido, os empreendimentos que operam em economia de escala devem estabelecer com muito critério o preço mínimo de venda, a fim de não terem sua estrutura produtiva depreciada ou mesmo grandes prejuízos em situações não-controláveis.

A redução de custos promovida pela restrição alimentar é um dos pontos favoráveis desta técnica, quando a eficiência alimentar se apresenta superior, sem, no entanto, promover redução do peso de abate dos frangos, tornando a produção mais rentável (Figueiredo, et al., 1998). Essa verdade se aplica ao referido estudo, visto que também na piscicultura, quando se tem boa eficiência alimentar mantendo-se ganho de peso similar e qualidade de carcaça, o resultado econômico é maximizado.

Por isso é imprescindível que seja avaliado criteriosamente nos ensaios de restrição alimentar quantitativos os índices de eficiência alimentar e econômica, pois a maioria dos ensaios tem adotado a realimentação à saciedade, onde está evidenciada a ocorrência de consumo compensatório.

Outro benefício trazido pelo manejo alimentar restritivo seria o de adaptar os lotes de peixes às situações onde não é possível o arrastamento contínuo. Tal situação pode ocorrer em momentos de tempestades, ventanias fortes e outras condições de adversidade, principalmente, em pisciculturas sob sistema de produção em tanques-rede.

Se o produtor é impossibilitado de alimentar os peixes por um curto período de tempo, devido a doenças ou condições adversas dos viveiros, ou mesmo em cultivo em tanques-rede, onde muitas vezes as estruturas podem ser de difícil acesso, um período de privação alimentar

poderia ser utilizado, uma vez que para muitas espécies pode haver uma compensação do período de atraso de crescimento quando alimentados à saciedade após o término da privação (Sealey et al., 1998). Esse tipo de manobra operacional pode ser conveniente em pisciculturas localizadas distantes da margem, seja em reservatórios de água doce ou mares.

Contudo, as observações feitas até o momento são muito importantes por serem úteis no planejamento e formatação de planos alimentares com restrição alimentar programada para algumas espécies de peixes. Baseando-se nas informações acima pode-se intercalar restrições quantitativas parciais (refeição) a cada dois dias ou mais a fim de permitir uma recuperação adequada nos níveis dos principais conteúdos energéticos.

Entretanto deve-se avaliar com maior profundidade se essa recuperação se daria efetivamente em planos alimentares com ciclos repetidos, ou seja, desenhados a partir de períodos subsequentes de alimentação-restrição-realimentação.

4.4 Conclusões

- Tilápias na fase de crescimento e terminação, submetidas à restrição alimentar programada, apresentam ingestão compensatória de ração quando a alimentação é restabelecida, mesmo que em curto intervalo de tempo.
- A oferta não controlada de ração no período pós-restrição promove, mesmo em restrições alimentares moderadas e não consecutivas, ingestão compensatória de ração pelos lotes de tilápias cultivadas em recirculação.
- O manejo alimentar restritivo aplicado à tilapicultura em recirculação e configurado à partir da supressão de uma a quatro refeições não consecutivas na semana não promove redução no volume total de ração consumido pelos peixes.
- O desempenho zootécnico dos lotes de tilápias submetidos ao manejo alimentar restritivo moderado, em sistema de recirculação, não difere de forma significativa ao dos lotes que foram alimentados à saciedade aparente.
- A restrição alimentar moderada não é capaz de provocar alteração nos tamanhos dos principais órgãos digestivos da tilápia-do-nilo cultivada em sistema de recirculação.
- Tilápias na fase de crescimento e terminação, submetidas à manejo alimentar restritivo moderado em sistema de recirculação, apresentam recuperação alégera e boa homeostase do organismo.
- O emprego de manejo alimentar restritivo moderado no cultivo de tilápias em recirculação não deprecia a qualidade nutricional da carne, bem como os rendimentos de carcaça e cortes comerciais para peixes com peso final entre 500 a 600 g.
- A economia de mão de obra, possibilitada pela adoção da restrição alimentar moderada, incrementa a lucratividade da tilapicultura de forma expressiva, principalmente quando esse recurso tem seu preço aumentado.
- Somente o desempenho zootécnico não é capaz de apontar se os manejos alimentares restritivos empregados tornam a tilapicultura em recirculação mais rentável que o manejo tradicional.
- A restrição alimentar configurada a partir da supressão de quatro refeições não consecutivas na semana, aplicada no cultivo de tilápia em recirculação, propicia acréscimo de 11 % na produtividade da mão de obra.
- O manejo alimentar restritivo moderado aliado à gestão otimizada de mão de obra pode trazer maior eficiência econômica às tilapiculturas intensivas, independente do porte do empreendimento.
- Análises econômicas baseadas no custo alimentar efetivo e eficiência operacional geram indicadores imprescindíveis para a gestão por resultados na tilapicultura intensiva.

- O manejo alimentar restritivo pode ser implementado dentro do programa alimentar de tilápia-do-nilo cultivada em recirculação, como estratégia para otimização no uso de água e mão de obra, bem como, para a maximização do lucro do negócio em diversos cenários.

4.5 Referências Bibliográficas

Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. Official Methods of Analysis of the AOAC. 18 th ed. Gaithersburg, M.D, USA.

ALBANEZ, J. R.; FONSECA, J. B.; SILVA, M. A.; SOARES, R. T. R. N.; COSTA, F. A.; SOARES, P. R. Efeito da restrição alimentar sobre o desempenho produtivo e a qualidade da carcaça de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 26, n. 6, p. 1.727-1.734, 2000.

ALI, M.; WOOTTON, R.J. Capacity for growth compensation in juvenile three-spined sticklebacks experiencing cycles of food deprivation. Journal of Fish Biology, v.58, p.1531-1544, 2001.

BARBARINO JR., P. Desempenho produtivo e econômico e avaliação da carcaça de frango de corte submetidos à restrição alimentar precoce. Viçosa, MG: UFV, 1995, 93p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa.

BARCELLOS, L.J.G.; MARQUEZE, A.; TRAPP, M.; QUEVEDO, R.M.; FERREIRA, D. (2010). The effects of fasting on cortisol, blood glucose and liver and muscle glycogen in adult jundia *Rhamdia quelen*. Aquaculture, 300, 231-236.

BÉLANGER, F.; BLIER, P. U.; DUTIL, J. D. Digestive capacity and compensatory growth in Atlantic cod (*Gadus morhua*). Fish Physiol. and Biochem., Netherlands, v. 58, p. 1531-1544, 2002.

BOYD, C. E. (1979). Water quality in warm water fish ponds. Auburn Univ., Agriculture Experiment Station, Alabama. 359 p.

BOYD, C.E., (1990). Water Quality in Ponds for Aquaculture. Birmingham Publishing Company, Birmingham, Alabama.

BRAGA, F.M.S. Estudo entre fator de condição e relação peso/comprimento para alguns peixes marinhos. Rev. Bras. Biol., Rio de Janeiro, v. 46, n. 2, p. 339-346, 1986.

BRANDÃO, C.M. Jornada de trabalho e acidente de trabalho: Reflexões em torno da prestação de horas extraordinárias como causa de adoecimento no trabalho. Revista TST, Brasília, vol. 75, nº2, abr/jun, 2009.

CASACA, J. de M; TOMAZELLI JÚNIOR, O. Planilha para cálculos de custo de produção de peixes. Florionópolis. Epagri 2001. 38p.

CORRÊA, C.F., SCORVO FILHO, J.D., TACHIBANA, L., LEONARDO, A.F. G. Caracterização e situação atual da cadeia de produção da piscicultura no Vale do Ribeira. *Informações Econômicas*, 38(5): 30-36. 2008.

EROLDOGAN, O.T., KUMLA, M., KIRIS, G.A., SEZER, B., 2006. Compensatory growth response of *Sparus aurata* following different starvation and refeeding protocols. *Aquac. Nutr.* 12, 203–210.

EROLDOGAN, O.T., KUMLU, M., AKTAS, M. Optimum feeding rates for European sea bass *Dicentrarchus labrax L.* reared in seawater and freshwater. *Aquaculture*, v. 231, p. 501-515, 2004.

FURLANETO, F.P.B.; ESPERANCINI, M.S.T.; BUENO, O.C.; AYROZA, L.M.S. Eficiência econômica do bicultivo de peixes em viveiros escavados na região paulista do Médio Paranapanema. *Boletim do Instituto de Pesca*, São Paulo, 35(2). Pag.191-199, 2009.

GONÇALVES, F.D. Metabolismo energético e desempenho produtivo de juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*), submetidos a jejum e realimentação com dietas contendo diferentes níveis de carboidrato e proteína. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista. 2001. 67p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura em Águas Continentais) - Universidade Estadual Paulista, 2001.

HAYWARD, R. S.; WANG, N., 2001: Failure to induce over-compensation of growth in maturing yellow perch. *J. Fish Biol.* 59, 126–140.

ITUASSÚ, D.R.; PEREIRA-FILHO, M.; ROUBACH, R. et al. Desenvolvimento de tambaqui submetido a períodos de privação alimentar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.39, n.12, p.1199-1203, 2004.

JOBLING, M. (1994) *Fish Bioenergetics*. Chapman & Hall, London.

JONES, G.P.D.; FARRELL, D.J. Early food restriction of broiler chickens. II. Effects of food restrictions on the development of fat tissue. *British Poultry Science*, Edinburgh, v.33, n.3, p. 589-601, 1992.

KANKANEN, M.; PIRHONEN, J. The effect of intermittent feeding on feed intake and compensatory growth of whitefish *Coregonus lavaretus L.* *Aquaculture*, v.288, p.92-97, 2009.

KUBITZA, F. Ajustes na nutrição e alimentação das tilápias. *Panorama da AQUICULTURA*, novembro/dezembro, 2006.

LANA, P.C.; MARONE, E.; LOPES, R.M. & MACHADO, E.C. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. p. 131-145. In: Seeliger, U. and Kjerfve, B. (eds.), *Coastal Marine Ecosystems of Latin America*, Ecological Studies. Vol. 144. Springer, Berlin, Germany, 2000.

LANNA, A.E., 1999, “Hidroeconomia”. In: Rebouças, A. da C., Braga, B. e Tundisi, J. G. (org.), Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação, São Paulo, Escrituras Editora.

LEITÃO, N. de J.; SILVA, M. D.P.; PORTELLA, M. C. Crescimento muscular em peixes, a influência de fatores externos nas fases iniciais da criação. Panorama da Aquicultura, Rio de Janeiro, v. 22, n. 129, p. 29-32, 35, 37, jan./fev. 2012.

LEITÃO, R.A. Inoculação de carboidrases em ovos de matrizes jovens de frangos de corte. 2007. 81 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia.

LIMA-JUNIOR, S. E.; CARDONE, I. B.; GOITEIN, R. Determination of a method for calculation of Allometric Condition Factor of fish. Acta Scientiarum, v. 24, n. 2, p. 397-400, 2002
MELLO, N.T.C. 1988 Proposta de nova metodologia de custo de produção do Instituto de Economia Agrícola. Relatório de pesquisa do Instituto de Economia Agrícola 14/88, São Paulo, 13p.

LOVE, R.M. (1980). The chemical biology of fishes, vol 2. Academic Press, London New York.

NASCIMENTO, N.O. Jornada de Trabalho – Aspectos Práticos. SP, 2014. Disponível em: <<http://www.professornilson.com.br/Downloads/Jornada%20de%20Trabalho%20%20Aspectos%20Práticos.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2014.

PALMA, E.H.; TAKAHASHI, L.S.; DIAS, L.T.S.; GIMBO, R.Y.; KOJIMA, J.T.; NICODEMO, D. Estratégia alimentar com ciclos de restrição e realimentação no desempenho produtivo de juvenis de tilápia-do-Nilo da linhagem GIFT. Ciência Rural, Santa Maria, v.40, n.2, p.421-426, 2010.

QIAN, X.; CUI, Y., XIONG, B.; YANG, Y. 2000. Compensatory growth, feed utilization and activity in gibel carp, following feed deprivation. Journal of Fish Biology 56: 228-232.

RIOS, F.S.; KALININ, A.L.; FERNANDES, M.N.; RANTIN, F.T. (2004). Changes in gut gross morphology of traíra, *Hoplias malabaricus* (Teleostei, Erythrinidae) during long-term starvation and after refeeding. Brazil J Biol 64(3B):683–689.

ROWLAND, S.J.; ALLAN, G.L.; MIFSUD, C.; NIXON, M.; BOYD, P.; GLENDENNING, D. 2005. Development of a feeding strategy for silver perch, *Bidyanus bidyanus* (Mitchell). Based on restricted rations. Aquaculture Research 36, 1429-1441.

RUEDA, F.M.; MARTINEZ, F.J.; KENTOURI, M.; DIVANACH, P. Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. Aquac Res. 1998; 29(6):447–452.

RUSSELL, N. R. & WOOTTON, R. J. (1992). Appetite and growth compensation in the european minnow, *Phoxinus phoxinus* (Cyprinidae) following short periods of food restriction. Environmental Biology of Fishes 34, 277–285.

SAINZ, R.D.; BENTLEY, B.E. Visceral organ mass and cellularity in growth-restricted and refed beef steers. Journal of Animal Science, v.75, n.5, p.1229-1236, 1997.

SANTOS, L. Demanda protéica de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*) após privação alimentar. Manaus : [s.n.], 2007. 56p. : il. Dissertação (Mestrado) - INPA/UFAM, Manaus, 2007.

SEALEY, W.M.; DAVIS, J.T.; GATLIN III, D.M. Restricted feeding regimes increase production efficiency in channel catfish. Auburn: Southern Regional Aquaculture Center, 1998. 5p. (SRAC Publication, 189).

SOUSA, R.M.R.; AGOSTINHO, C.A.; OLIVEIRA, F.A.; ARGENTIM, A.; NOVELLI, P.K.; AGOSTINHO, S.M.M. Productive performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed at different frequencies and periods with automatic dispenser. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v.64, n.1, p.192-197, 2012.

SOUZA, M.L.R.; MARENGONI, N.G.; PINTO, A.A.; CAÇADOR, W.C.. Rendimento do processamento da tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*): tipos de corte de cabeça em duas categorias de peso. Acta Scientiarum, Maringá, v. 22, n. 3, p. 701-706, 2000.

SOUZA-FILHO, J.; SCHAPPO, C.L.; TAMASSIA, S.T.J. Custo de produção do peixes de água doce: modelo Alto Vale do Itajaí. Florianópolis: Instituto Cepa/SC, Epagri, 2002. 40p. (Cadernos de indicadores agrícolas, 2).

STEFÁNSSON M. Ö., REINERT J., SIGURÐSSON ., KRISTINSSON K., NEDREAAS K., PAMPOULIEC. Depth as a potential driver of genetic structure of *Sebastes mentella* across the North Atlantic Ocean. ICES Journal of Marine Science 2009;a 66:680-690.

SUGETA, S. M.; GIACHETTO, P. F.; MALHEIROS, E. B.; MACARI, M.; FURLAN, R. L. Efeito da restrição alimentar quantitativa sobre o ganho compensatório e composição da carcaça de frangos. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 37, n. 7, p. 903-908, jul. 2002.

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

TOGASHI, C. K. Teores de colesterol e ácidos graxos em tecidos e soro de frangos de corte submetidos a diferentes programas nutricionais. 2004. 97 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – UENF/RJ, Campos dos Goytacazes, 2004.

VERA-CALDERÓN, L. E & FERREIRA, A.C.M. Estudo da economia de escala na piscicultura em tanque-rede, no Estado de São Paulo. *Informações Econômicas*, SP, v.34, n.1, jan. 2004.

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

WEATHERLEY, A.H.; GILL, H.S. (ed.) (1987). Tissues and growth. In *The Biology of Fish Growth*, pp. 147-175. New York: Academic Press.

ZUBAIR, A.K. AND LEESON, S. (1996): Compensatory growth in the broiler chicken: a review. *World's Poult. Sci.* 52:189-201.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Muitos pesquisadores têm direcionado esforços com o objetivo de identificar a ocorrência de efeitos compensatórios em diversas espécies e situações (ex. períodos de jejum, variação na composição de rações, manejos alimentares, sistemas de cultivo, condições de estresse, estado imunológico, dentre outros), como também para tentar explicar a dinâmica do metabolismo geral diante da imposição desses “desafios”.

Não obstante, o emprego do fenômeno de crescimento compensatório na piscicultura não deve necessariamente focar-se apenas no alcance de alguns efeitos isolados. Isso ocorre, por exemplo, quando se faz referência à capacidade de alguns peixes que ao serem submetidos à restrição alimentar demonstram habilidade para alcançar pesos finais similares a dos peixes alimentados continuamente. As reações do organismo animal são bem mais complexas, com auto-regulação metabólica, ativação de sistemas enzimáticos, controles endócrinos, regulação de expressão gênica, alteração de perfis comportamentais, além de outros mecanismos adaptativos ainda desconhecidos que visam a homeostase do organismo e ou a própria sobrevivência do animal.

Assim, o fenômeno de ganho ou crescimento compensatório não deve ser entendido como uma implicação imprescindível para os ensaios de restrição alimentar obterem resultados satisfatórios e sim, como um dos meios para tal. Mesmo não existindo quaisquer efeitos diretos provenientes do ganho compensatório em determinado lote de peixes cultivados é possível que esses alcancem melhor eficiência alimentar por meio da adoção de manejos alimentares capazes de atender com precisão e conveniência suas exigências em termos de qualidade/quantidade do alimento e suas características fisiológicas e comportamentais. Adicionalmente, esse manejo alimentar deverá prevenir a ocorrência de desperdícios de ração, gerados tanto pelo não consumo e perdas para o meio aquático como também por ocorrência de “*overfeeding*”.

A manutenção de produtividades satisfatórias ao longo do tempo ou mesmo a ampliação da área de cultivo para áreas antes comprometidas consubstancia como benefício da adequada gestão ambiental dos empreendimentos aquícolas, onde se considera vários aspectos de ordem zootécnico-ecológicos.

Recentemente, tem-se constatado que a má gestão ambiental associada ao negligenciamento do caráter multifatorial da piscicultura tem contribuído negativamente para a ocorrência de distúrbios nos peixes e no ambiente de cultivo, levando a grandes prejuízos econômicos e ambientais. A inabilidade de muitos piscicultores quanto à adoção de boas práticas de manejo e atitudes acertadas ao se depararem com situações climáticas atípicas demonstra a falta de conhecimento e despreparo para o exercício da atividade.

Períodos de estiagem prolongada estão se tornando mais comuns nos últimos anos e tem provocado a depleção dos níveis d'água dos reservatórios de forma inesperada. A redução da pluviosidade e vazão de água, aliada às altas temperaturas, tem causado depreciação da qualidade de água de cultivo, queda do desempenho e até mesmo mortalidade massiva de peixes, em casos extremos. O manejo alimentar restritivo, associado a outras práticas, pode atenuar alguns dos efeitos indesejáveis acarretados por esses desequilíbrios.

Pelo exposto, acredita-se que estratégias alimentares mais condizentes com a dinâmica de auto-regulação metabólica própria de cada espécie e, que ao mesmo tempo possibilitem a otimização de recursos humanos e insumos básicos como a ração, apresentam também grande potencial para a melhoria dos resultados econômicos no segmento da aquicultura.

8. ANEXOS

ANEXO I

✓ Monitoramento da transparência da água de cultivo dos viveiros durante o período experimental.

Tabela 32. Níveis de transparência da água de cultivo dos viveiros conforme a duração do ensaio de restrição alimentar em sistema semi- intensivo.

Trat.	UP*	Datas das leituras												Média
		21/01	31/01	07/02	15/02	20/02	27/02	04/03	13/03	20/03	27/03	04/04	10/04	
1	2	30	30	23	20	22	25	23	31	32	23	23	29	25,92
1	4	42	45	>60	40	40	>60	54	58	57	22	21	47	42,60
1	9	23	30	27	25	26	29	24	47	53	41	28	24	31,42
2	3	24	>60	40	23	25	40	25	27	20	27	26	27	27,64
2	6	30	38	50	46	40	51	56	59	>60	48	27	38	43,91
2	12	27	27	30	20	22	40	23	45	40	55	33	28	32,50
3	1	35	43	35	20	22	37	25	33	30	53	24	36	32,75
3	8	30	49	32	30	30	35	37	45	44	47	24	38	36,75
3	10	30	37	47	24	25	28	39	35	38	30	22	30	32,08
4	5	45	>60	>60	30	30	>60	35	25	25	26	20	50	31,78
4	7	35	30	23	20	22	25	27	43	40	27	20	40	29,33
4	11	28	33	50	27	30	35	22	28	24	21	20	27	28,75

*UP = Unidade produtiva (viveiro)