

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ  
CENTRO DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS EXATAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS  
PESQUEIROS E ENGENHARIA DE PESCA**

**ALDO TOVO NETO**

Ractopamina na alimentação da tilápia do Nilo

Toledo  
2013

**ALDO TOVO NETO**

Ractopamina na alimentação da tilápia do Nilo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Área de concentração: Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca.

Orientador: Prof. Dr. Robie Allan Bombardelli  
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Meurer

Toledo

2013

Catálogo na Publicação elaborada pela Biblioteca Universitária  
UNIOESTE/Campus de Toledo.  
Bibliotecária: Marilene de Fátima Donadel - CRB – 9/924

T736r Tovo Neto, Aldo  
Ractopamina na alimentação da tilápia do Nilo / Aldo  
Tovo Neto. -- Toledo, PR : [s. n.], 2013  
36 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Robie Allan Bombardelli  
Coorientador: Prof. Dr. Fábio Meurer  
Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e  
Engenharia de Pesca) - Universidade Estadual do Oeste do  
Paraná. Campus de Toledo. Centro de Engenharias e Ciências  
Exatas.

1. Aquicultura 2. Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) –  
Alimentação e rações 3. Peixes - Suplementação com  
ractopamina 4. Aditivo alimentar 5. Nutrição animal - Peixes I.  
Bombardelli, Robie Allan, Orient. II. Meurer, Fábio, Orient.  
III. T

CDD 20. ed. 639.3758

# FOLHA DE APROVAÇÃO

**ALDO TOVO NETO**

“RACTOPAMINA NA ALIMENTAÇÃO DA TILÁPIA DO NILO”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca – Nível de Mestrado, do Centro de Engenharias e Ciências Exatas, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, pela Comissão Examinadora composta pelos membros:

## COMISSÃO EXAMINADORA




---

Prof. Dr. Robie Allan Bombardelli (Orientador)  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná



---

Profª Drª Lilian Dena dos Santos  
Universidade Federal do Paraná/*Campus* Palotina



---

Prof. Dr. José Dilson Silva de Oliveira  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Aprovado em: 28 de fevereiro de 2013.

Local de defesa: Auditório do GERPEL - Unioeste/*Campus* de Toledo.

## **AGRADECIMENTOS**

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (InPAA), pela cessão da estrutura para condução do experimento.

Ao Laboratório de Tecnologia da Reprodução de Organismos Aquáticos Cultiváveis (LATRAAC), pelos equipamentos e materiais disponibilizados na condução do experimento, pelos reagentes utilizados nas análises de bromatologia.

Aos professores orientadores Robie Allan Bombardelli e Fábio Meurer.

Ao médico veterinário Rogério Paulo Tovo pelo incentivo e apoio em fazer a pesquisa, inúmeros conselhos, e pela doação da Ractopamina.

Ao Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Setor Palotina, pela cessão dos equipamentos para condução das análises de bromatologia.

À técnica do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos, Neivair Sponchiado Pastore, pelo acompanhamento das análises e auxílio no preparo de reagentes. Aos estagiários do laboratório pela ajuda no preparo das amostras e análises de bromatologia.

À Alis, pelo companheirismo, apoio, sugestões e críticas.

Aos que ajudaram direta e indiretamente nas biometrias e análises laboratoriais: Adriano, Alex Bonami, Arno Butzge, Denise Bastos, Fernando Mertens, Gabriele Nogueira, Josyneide Silva, Maurício, Marcos Veinícios, Pablo, Ramon Acosta, Rodrigo, Silia Negreiros.

À CAPES, pelo fomento da pesquisa e concessão da bolsa.

# Ractopamina na alimentação da tilápia do Nilo

## RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a inclusão da ractopamina como aditivo na dieta da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), no período final de engorda (750 a 920 g), em níveis crescentes de inclusão (0, 4, 8, 12 e 16 mg kg<sup>-1</sup>) durante 38 dias de alimentação. Foram distribuídos 400 peixes em 20 unidades experimentais, em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Foram avaliados: as relações morfométricas, desempenho zootécnico, rendimento de cortes e composição química da carne e órgãos dos peixes. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) com teste de comparação múltipla de médias (Tukey). A ractopamina é um aditivo com potencial para a utilização em rações para a tilápia do Nilo, e o nível 8 mg kg<sup>-1</sup> não causou nenhum decréscimo nos parâmetros de desempenho e demonstrou efeito positivo na redução do teor de gordura da musculatura abdominal no período final de engorda (750 a 920 g).

**Palavras-chave:** aditivo, aquicultura,  $\beta$ -adrenérgico, nutrição de peixe, modificador metabólico, fenetanolamina

## Ractopamine on feed Nile Tilapia

### ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate ractopamine increasing levels (0, 4, 8, 12 and 16 mg kg<sup>-1</sup>) as an additive in diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in final growout period (750-920 g), during 38 days of feeding. The fishes (400) were distributed in 20 experimental units in a completely randomized design with five treatments and four replications. Were evaluated: the morphometric relations, growth performance, beef cuts yield and chemical composition of fish flesh and organs. The results were submitted to analysis of variance (ANOVA) with multiple comparisons of means (Tukey). Ractopamine is a feed additive with potential for use in diets for Nile tilapia, 8 mg kg<sup>-1</sup> did not cause any decrease in performance parameters and demonstrated positive effect in reducing fat content of abdominal muscles to growout period (750-920 g).

**Keywords:** additive, aquaculture,  $\beta$ -adrenergic, fish nutrition, metabolic modifier, phenethanolamine

Dissertação elaborada e formatada conforme as normas da Aquaculture Nutrition. Disponível em: <[http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/\(ISSN\)1365-2095/homepage/ForAuthors.html](http://onlinelibrary.wiley.com/journal/10.1111/(ISSN)1365-2095/homepage/ForAuthors.html)>.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química da ractopamina (* carbono quiral).....	12
Figura 2. Efeito dos agonistas $\beta$ -adrenérgicos nas células sobre o metabolismo de lipídios. ....	14

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais .....	22
Tabela 2. Relações morfométricas de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de ractopamina .....	25
Tabela 3. Desempenho zootécnico de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de ractopamina .....	25
Tabela 4. Rendimento corporal de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de ractopamina .....	25
Tabela 5. Composição centesimal de diferentes cortes da carne e órgãos de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de ractopamina .....	26

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	9
REVISÃO DE LITERATURA .....	11
Problemática.....	11
Ractopamina .....	12
Estrutura Química.....	12
Absorção.....	13
<i>Receptores <math>\beta</math>-adrenérgicos</i> .....	13
Mecanismos de Ação .....	13
Efeitos no Metabolismo Lipídico.....	14
Efeitos no Metabolismo Proteico .....	15
Fatores que Influenciam a Resposta .....	16
Interação Ractopamina/Lisina .....	16
Panorama da produção da tilápia do Nilo.....	17
Consumo de Ração.....	18
Sistemas de Produção .....	19
Nutrição de Tilápias em Terminação .....	20
METODOLOGIA.....	21
Bromatologia .....	24
Análise Estatística.....	24
RESULTADOS .....	24
DISCUSSÃO .....	26
CONCLUSÃO.....	26
REFERÊNCIAS .....	30

## INTRODUÇÃO

O cultivo de organismos aquáticos tem se desenvolvido e intensificado de forma notável no mundo. No Brasil, a piscicultura teve um crescimento de 60,2% entre 2007 e 2009, com um aumento de 105% na tilapicultura (MPA 2011).

Nesse contexto, a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) é uma das espécies mais importantes economicamente em diversos países e sua produção global vem crescendo em vários sistemas de produção (Furuya et al. 2010). Em função de sua importância está entre as espécies comerciais mais estudadas nos campos da reprodução, manejo e nutrição.

Apesar das muitas décadas de investigações, o conhecimento relacionado à nutrição de peixes ainda é escasso quando comparado a outras espécies de importância zootécnica, onde a tecnologia é amplamente empregada nos estágios de formulação e manipulação de rações nutricionalmente eficientes (Pezzato et al. 2004).

Um exemplo de tecnologia amplamente empregada na produção de algumas espécies é o uso de aditivos. Estes ingredientes são adicionados às dietas por motivos diferentes aos dos alimentos (Hardy & Barrows 2002). Os aditivos muitas vezes têm pouco ou nenhum valor nutricional, mas trazem enormes benefícios aos animais, seja na melhora do desempenho produtivo, da digestibilidade dos nutrientes, da promoção à saúde ou aumento da atratividade das rações.

Entre estes aditivos está a ractopamina, um agonista  $\beta$ -adrenérgico (A $\beta$ A) do grupo das fenetanolaminas, e uma substância exógena frequentemente chamada de agente repartidor por sua habilidade em redirecionar nutrientes do tecido adiposo em direção ao músculo (Ricks et al. 1984). Este redirecionamento de nutrientes leva a um aumento na eficiência de utilização da energia, resultando em um maior crescimento e eficiência alimentar (Vandenberg et al. 1998).

No geral, os efeitos das fenetanolaminas são: (i) aumento da taxa de ganho de peso; (ii) aumento na eficiência no aproveitamento da ração; (iii) aumento da massa magra e (iv) aumento do rendimento de carcaça (Moody et al. 2000).

Os A $\beta$ As são amplamente pesquisados como aditivo na dieta em produção animal, com destaque para suínos, bovinos e ovinos. Para peixes, existem pesquisas com catfish (*Ictalurus punctatus*) (Mustin & Lovell 1993), carpa indiana (*Labeo rohita*) (Satpathy et al. 2001), truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (Vandenberg et al. 1998),

carpa húngara (*Cyprinus carpio*) (Devens et al. 2012) e pacú (*Piaractus mesopotamicus*) (Bicudo et al. 2013) porém os estudos são ainda incipientes.

Um dos problemas produtivos verificados atualmente é o grande acúmulo de gordura na carcaça dos animais. A gordura ou material lipossolúvel é o composto que mais afeta o sabor, a aparência ou a qualidade de peixes para consumo (Pezzato et al. 2004), tanto positiva como negativamente. A deposição excessiva de gordura na carcaça tende a ser um problema em peixes de rápido crescimento, como é o caso da tilápia, visto que pode reduzir a qualidade e o tempo de prateleira dos produtos (Vandenberg & Moccia 1998) pela oxidação de lipídios, tendo como principal consequência a modificação do sabor original e o aparecimento de odor e gosto característicos de ranço (Silva et al. 1999).

Logo, pressupondo-se que a ractopamina tenha uma ação positiva no aumento da eficiência de utilização da energia, principalmente das reservas energéticas corporais em peixes, sua utilização em rações comerciais seria de grande valia tanto para os produtores, melhorando o desempenho zootécnico dos animais, como para a indústria do pescado.

Partindo das premissas expostas acima e da hipótese de que o efeito da ractopamina no metabolismo dos peixes seja semelhante ao de outras espécies de monogástricos, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da sua inclusão na dieta da tilápia do Nilo no período final da sua criação (750 a 920 g).

## REVISÃO DE LITERATURA

### Problemática

Os animais direcionam seu metabolismo nos estágios iniciais de crescimento prioritariamente para funções proteínogênicas e lipolíticas, resultando em um processo que favorece a construção da musculatura (Gonzales et al. 1993). Já quando atingem a maturidade, a deposição de gordura pode superar a deposição de proteína (Bergen 1974).

Como o abate de animais para produção de carne ocorre em uma fase em que o platô de deposição proteica já foi atingido, o produto gerado são carcaças com excesso de gordura, o que não é interessante para o produtor e tampouco para o consumidor final (Gonzales et al. 1993).

No caso da suinocultura, aumentar a quantidade de carne na carcaça tem sido objetivo não somente da indústria de derivados, como também de suinocultores, pois diminui os custos de produção e melhora a rentabilidade (Moura et al. 2011). O melhoramento genético tem impulsionado a produção neste sentido, oferecendo atualmente um produto com melhor relação carne:gordura (Cantarelli et al. 2008).

Para a tilápia do Nilo, é de conhecimento comum que o excesso de gordura visceral é um problema. Atualmente, com a tendência de aumento do peso de abate, uma alternativa viável é o uso de aditivos modificadores do metabolismo.

Segundo Dikeman (2007), os modificadores metabólicos são definidos como compostos utilizados via oral, injetados, ou implantados em animais para melhorar o ganho de peso, a eficiência alimentar, percentagem de tronco limpo, aumentar o rendimento de carne na carcaça, melhorar visualmente a qualidade da carne, seu perfil nutricional e sua palatabilidade, e prolongando ainda sua vida de prateleira. Dentre os modificadores de metabolismo, os AβAs vêm sendo amplamente pesquisados para animais de potencial zootécnico.

A ractopamina começou a ser pesquisada como aditivo, junto com outros AβAs (cimaterol; L 664, 969; salbutamol) na década de 80 em várias espécies, apresentando efeitos similares aos produzidos pelo clenbuterol (Mersmann 1998), com aumento de massa muscular e redução de gordura.

## Ractopamina

### Estrutura Química

A ractopamina pertence à família das fenetanolaminas e é constituída por um anel aromático substituível, por uma cadeia lateral com o grupo etanolamina e um nitrogênio alifático (figura 1) (Smith 1998; Almeida et al. 2012). Possui estrutura e propriedades farmacológicas similares às catecolaminas endógenas: adrenalina e noradrenalina (Johnson 2004).

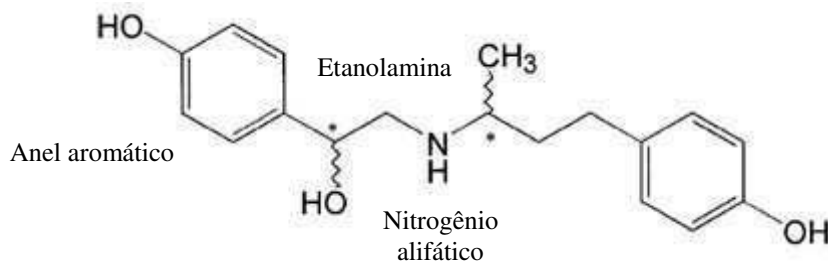


Figura 1. Estrutura química da ractopamina (\* carbono quiral).

Adaptado de Ricke et al. (1999).

Algumas ações fisiológicas das catecolaminas incluem: regulação da velocidade e vigor da contratilidade cardíaca, motilidade e respostas secretoras de várias porções do trato gastrointestinal, broncodilatação, secreções da glândula salivar e insulina pancreática, constrição e dilatação dos vasos sanguíneos, contração uterina, e contração da cápsula do baço (NRC 1994).

## Absorção

O sítio de absorção da maioria dos A $\beta$ As é geralmente desconhecido. Segundo Ramos & Silveira (2001), a absorção do fármaco, e conseqüente chegada ao sangue, é dependente da via de administração, sendo empregado na medicina veterinária geralmente por via oral, onde o pH do trato gastrointestinal influencia o local de absorção.

O pH baixo do estômago em monogástricos ou no abomaso em ruminantes favorece a formação de um cátion no nitrogênio da amina alifática e, quanto mais neutra a natureza do duodeno, jejuno, íleo, reduzem a extensão da ionização e aumentam a absorção passiva através da mucosa intestinal (Smith 1998).

## *Receptores $\beta$ -adrenérgicos*

A resposta biológica para qualquer via de sinalização extracelular é dependente da presença de um receptor específico em células do tecido alvo. O efeito biológico está ligado à presença em quantidade adequada e tipo específico do receptor  $\beta$ -adrenérgico, à que os A $\beta$ As devem se ligar (Jozefowski & Plytycz 1998; Johnson 2004).

As células de vários tecidos, de mamíferos, têm receptores adrenérgicos presentes na membrana plasmática, classificados em três subtipos:  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  e  $\beta_3$ . As fenetanolaminas desenvolvidas para uso em animais são específicas para os receptores adrenérgicos  $\beta_1$  e  $\beta_2$  (Moody et al. 2000). Vários dos agonistas pesquisados atualmente para uso como modificador metabólico na indústria pecuária mostram uma evidente especificidade aos receptores  $\beta_2$ , pois a estimulação dos  $\beta_1$  resulta em taquicardia (NRC 1994).

## Mecanismos de Ação

A redução da gordura corporal é uma das principais conseqüências metabólicas da presença dos A $\beta$ As na alimentação animal. De acordo com o esquema apresentado



por Bergen & Merkel (1991), ele atua ligando-se ao seu receptor  $\beta$  na membrana plasmática que, por sua vez, se fixam as proteínas Gs (proteínas de ligação estimuladoras), em um processo semelhante ao descrito por Nelson & Cox (2002) para a ligação da adrenalina à célula hepática. Este complexo age ativando a adenilciclase que transforma o ATP em AMPc (adenosina monofosfato cíclica), responsável por ligar-se à subunidade reguladora da proteína quinase (Figura 2).

A proteína quinase está envolvida em uma série de respostas celulares a partir da fosforilação de várias enzimas, como a estimulação da lipólise; aumento da gliconeogênese, glicogenólise, aumentos da insulina, glucagon e renina, relaxamento da musculatura lisa, aumento da frequência cardíaca e incremento da musculatura esquelética por meio da hipertrofia das fibras musculares (Moody et al. 2000).

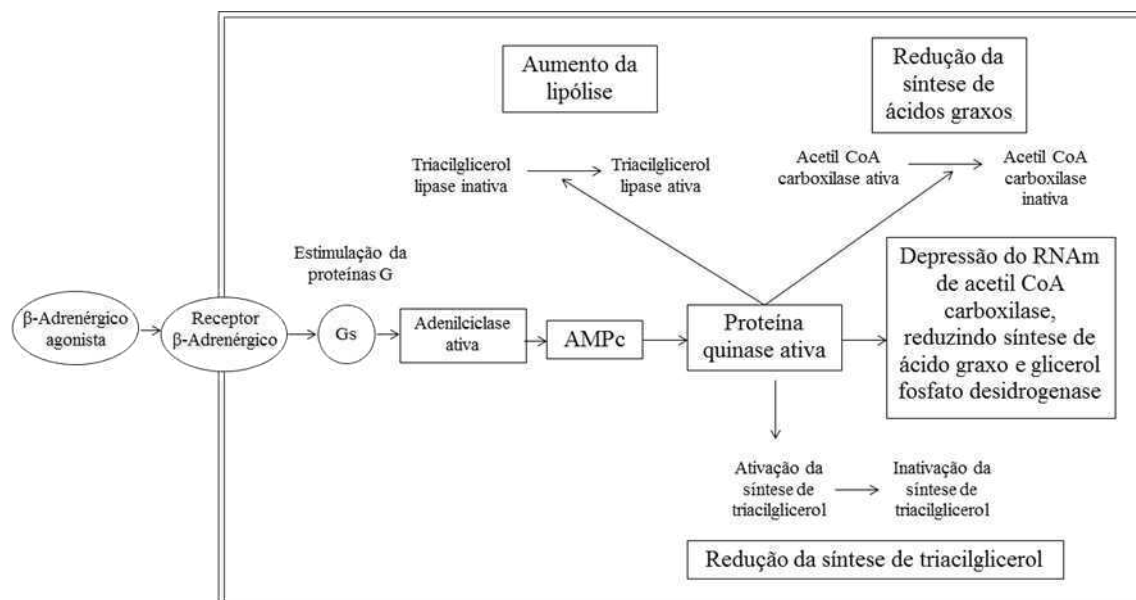


Figura 2. Efeito dos agonistas  $\beta$ -adrenérgicos nas células sobre o metabolismo de lipídios.

Adaptado de Bergen & Merkel (1991)

### Efeitos no Metabolismo Lipídico

No adipócito, a ractopamina atua na inativação da síntese de triacilglicerol, na promoção da lipólise pela ativação da enzima triacilglicerol lipase e na redução da

síntese de ácidos graxos pela diminuição da atividade da acetil-CoA carboxilase (Moody et al. 2000).

A exposição da célula à ractopamina provoca ainda a depressão do RNAm de acetil-CoA carboxilase, levando à redução da síntese de ácidos graxos e da enzima glicerol fosfato desidrogenase (envolvida na conversão de glicose em triglicerídeos) (Bergen & Merkel 1991).

De maneira resumida, o mecanismo de atuação da ractopamina no tecido adiposo refere-se à diminuição da deposição de gordura através do aumento da lipólise e redução da lipogênese.

#### Efeitos no Metabolismo Proteico

Bergen & Merkel (1991) citam como efeitos gerais dos AβAs no metabolismo proteico o declínio imediato da excreção urinária de nitrogênio e sua consequente retenção, aumento do conteúdo de RNA no músculo esqueléticos e hipertrofia deste com aumento da área miofibrilar, e aumento do fluxo sanguíneo para os tecidos periféricos.

Os mecanismos responsáveis pelos efeitos anabólicos das fenetanolaminas em animais de pecuária foram investigados inicialmente pela mensuração da fração da síntese proteica e taxas de degradação *in vivo* (Moody et al. 2000). Ainda, estes autores destacam que algumas alternativas para medição da síntese de proteína total ou degradação são a mensuração do RNA total produzido na musculatura esquelética, expressão de RNAm de genes específicos ou de atividade de enzimas específicas importantes na síntese de proteína ou degradação.

O aumento da síntese de proteína foi observada em ovelhas, suínos e ratos, com atenuação inicial da degradação de proteínas e aumento do músculo e da abundância de RNAm para  $\alpha$ -actina e miosina LC1 e 3 e aumento da atividade do inibidor de protease (calpastatina) (Bergen et al. 1989; Eadara et al. 1989; Helferich et al. 1990; Bergen & Merkel 1991).

Os efeitos anabólicos dos AβAs no músculo incluem hipertrofia da fibra muscular, mudanças na frequência do tipo das fibras musculares, e taxas diferenciais do RNA do músculo, DNA, e aumento de proteína (Beermann & Dunshea 2005).

## Fatores que Influenciam a Resposta

Diversos fatores incluindo dieta, dosagem e duração do tratamento, peso e genética do animal mostraram influenciar a resposta das fenetanolaminas. É importante entender a interação entre esses fatores para que seu uso na produção animal tenha sucesso.

Segundo Moody et al. (2000) há efeito da dosagem sobre a resposta do animal; em suínos, por exemplo, baixos níveis de inclusão trazem melhores resultados e valores acima de  $20 \text{ mg kg}^{-1}$  reduzem a ingestão.

O tempo de eficiência das fenetanolaminas é limitado, pois o uso prolongado dos  $\beta$ -receptores promove um processo que limita sua função, chamado de dessensibilização ou down-regulation (Moody et al. 2000; McGraw & Liggett 2005). O AMPc parece ativar a proteína quinase,  $\beta$ -adreno-receptor quinase, que ao fosforilar o receptor torna-o inativo e desacopla o complexo formado pelo receptor, proteína G e adenilciclase (Leeb-Lundberg et al. 1987). Há a diminuição de receptores disponíveis na membrana, levando a redução da resposta à estimulação  $\beta$ -adrenérgica da ractopamina (Mills 2002).

## Interação Ractopamina/Lisina

O músculo esquelético é o principal tecido alvo no acréscimo de proteína em suínos alimentados com A $\beta$ As, porém sua hipertrofia depende da adequada ingestão de proteína na dieta (Bergen et al. 1989; Bergen & Merkel 1991).

A tilápia suplementada com ractopamina pode, teoricamente, apresentar uma maior taxa de deposição proteica, como ocorre em suínos. Uma maior deposição necessita de uma quantidade maior de aminoácidos na dieta, principalmente de lisina, considerada aminoácido referência em dietas elaboradas pelo conceito de proteína ideal.

A lisina é o aminoácido essencial presente em maior proporção tanto no tecido muscular como em outras estruturas corporais da tilápia (Teixeira et al. 2008), sendo sua exigência média de aproximadamente 5,8% da proteína da ração para esta espécie (Furuya et al. 2004; Furuya et al. 2006; Takishita et al. 2009; Bonfim et al. 2010)

O desbalanceamento da lisina pode torná-la, quando deficiente, um fator limitante de crescimento, pois está intimamente ligada à síntese proteica e, conseqüentemente, à deposição muscular. Por outro lado, quando em excesso, esse aminoácido será desaminado e eliminado, com conseqüente excreção de nitrogênio no ambiente (Wilson 2002).

### **Panorama da produção da tilápia do Nilo**

Tilápias são endêmicas da África, Jordão e Israel, onde mais de 70 espécies foram identificadas, porém poucas são de importância para a aquicultura (Popma & Lovshin 1996).

Segundo Gurgel (1998), a *T. rendalli* foi a primeira tilápia introduzida no Brasil em 1952, procedente de Elizabethville, atual república democrática do Congo. Alguns anos mais tarde, segundo Braga et al. (1970), a tilápia do Congo chegou ao Nordeste brasileiro, por intermédio do DNOCS (Departamento Nacional de Obras Contra a Seca).

Já a tilápia do Nilo foi introduzida em alguns países da América Latina a partir dos anos 60 e início dos anos 70 (Zimmerman 2004). No Brasil, a espécie acabou sendo introduzida em 1971 (Watanabe et al. 2002; Zimmermann & Fitzsimmons 2004) pelo DNOCS visando o povoamento dos reservatórios públicos da região Nordeste (Oliveira et al. 2007). Atualmente está entre o grupo das espécies mais cultivadas no mundo, destacando-se principalmente em sistemas intensivos de produção (Furuya et al. 2010).

No Brasil, seu cultivo alcançou novas perspectivas a partir da década de 90, com a implantação de novas técnicas de reprodução, melhorias no controle da reversão sexual e aquisição de linhagens mais produtivas (Hisano & Portz 2007). Atualmente é uma das espécies mais estudadas, principalmente nos campos da nutrição e genética (Zimmermann & Fitzsimmons 2004).

No ano de 2002 foi introduzida uma nova linhagem de tilápia nilótica proveniente da empresa de genética de tilápia (GENOMAR), a Supreme Tilápia, a linhagem atualmente mais produtiva no mundo, desenvolvida a partir de um programa de dez anos financiado pelas Nações Unidas, Banco Asiático de Desenvolvimento e Comunidade Européia (Zimmermann & Fitzsimmons 2004).

Entre suas características mais apreciáveis estão o seu rápido ritmo de crescimento, alta prolificidade, reprodução em cativeiro, carne com boas características organolépticas e facilidade de processamento industrial, com possibilidade de obtenção de filés sem espinhas (Furuya et al. 2010).

Porém, este crescimento acentuado do cultivo leva à dependência por rações mais eficientes, melhor balanceadas nutricionalmente. Nesse sentido, são interessantes todos os artifícios disponíveis para melhorar a qualidade das dietas e permitir que os peixes expressem seu máximo potencial zootécnico.

### Consumo de Ração

O crescimento da aquicultura acaba exigindo maior demanda das fábricas de ração. Embora a exigência deste seguimento seja baixa comparativamente a outras espécies, seu requerimento é visivelmente crescente. Segundo o Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (Sindirações 2012) a produção de rações em 2011, em milhões de toneladas, foi de 37,2 para aves; 15,44 para suínos; 7,8 para bovinos; 2,17 para cães e gatos; e 0,57 para aquicultura. Em termos representativos o consumo por espécie neste ano foi de 48% para frangos, 23% para suínos, 12% para gado, 3% para cães e gatos, e apenas 1% para organismos aquáticos (marinhos e de água doce).

Ainda em 2011, o consumo de ração pela piscicultura foi de 500 mil toneladas, revelando um crescimento de 43% em relação ao ano anterior, em resposta a crescente produção continental (Sindirações 2012).

Já em 2012, a demanda de rações para peixes foi 575 mil toneladas, caracterizada pelo contínuo crescimento que alcançou 15%, enquanto a produção de camarão aumentou 7,1%, reação que incrementou a produção em 75 mil toneladas (Sindirações 2013). Segundo o mesmo boletim, durante o primeiro trimestre de 2013 já foram consumidas mais de 200 mil toneladas de ração para peixes e camarões, sendo a previsão de 740 mil toneladas para o ano, um aumento mínimo de 14%.

Estes dados mostram o crescimento da atividade no Brasil e a intensificação da produção, quando comparado à previsão de crescimento esperada para os outros animais de produção.

## Sistemas de Produção

Quanto aos sistemas de produção de tilápia no Brasil, a grande maioria dos produtores utiliza sistemas semi-intensivo e intensivo. Mas, acompanhando a tendência mundial de intensificação da tilapicultura, o Brasil fez desta modalidade a grande promessa para os próximos anos conforme estimaram Zimmermann & Fitzsimmons, (2004). Estes salientam que, com a intensificação da tilapicultura brasileira, a produção do pescado está sendo cada vez mais realizada nos grandes reservatórios de “águas transparentes”, principalmente em sistemas de gaiolas flutuantes e tanques de alto fluxo (“raceways”).

O cultivo de peixes em gaiolas ou tanques-rede recebeu considerável atenção nos últimos anos como um meio de exploração intensiva dos sistemas de água, com baixo investimento de capital em comparação com outros sistemas intensivos tradicionais (El-Sayed 2006).

O investimento de capital é baixo quando comparado à construção de tanques, e pela concentração dos peixes o piscicultor tem melhor controle sobre a alimentação e despesca (Watanabe et al. 2002). Segundo os mesmos autores, algumas desvantagens deste tipo de cultivo é o risco de caça furtiva, incapacidade de controlar a qualidade de água, e a dependência de rações nutricionalmente completas.

Entretanto, o desenvolvimento da aquicultura em águas de domínio da União está calcado no ordenamento do espaço físico, onde a demarcação dos parques aquícolas em águas federais servirão como principal ferramenta para impulsionar a atividade produtiva de maneira ordenada (Ostrensky et al. 2008).

O Brasil tem potencial para se tornar o maior produtor de tilápia cultivada do mundo mas, para tanto, é necessário aumentar a competitividade com preço e qualidade. Este é também o requisito para que a carne de tilápia divida espaço com outras carnes no mercado interno (Kubitza 2000).

## **Nutrição de Tilápias em Terminação**

Em ambiente natural as tilápias se alimentam em níveis tróficos inferiores, geralmente de fitoplâncton, zooplâncton, organismos que vivem no fundo do tanque (organismos bentônicos), detritos (resíduos produzidos por organismos no viveiro), pequenos peixes e plantas aquáticas (Nandlal & Pickering 2004). Mas, em confinamento têm comportamento oportunista, onívoro, aceitando bem a alimentação artificial (ração) desde a fase larval (Furuya et al. 2010).

Em criações de peixes confinados e de alta intensificação, a preocupação com o fornecimento de uma dieta completa e bem balanceada nutricionalmente é essencial para garantir o sucesso da produção. Os peixes, em geral, têm facilidade para utilizar a proteína como fonte de energia (Wilson 2002), e o produto final deste processo é a excreção de resíduos nitrogenados. Esta via do metabolismo deve ser evitada com um balanço adequado de energia e proteína na dieta, pois o consumo de proteína para fins que não sejam a deposição muscular é oneroso e gera efluente nitrogenado para a água.

Por sua vez, um aporte de energia maior que o necessário pode reduzir o consumo de alimento, não permitindo a satisfação de outros nutrientes exigidos, diminuindo o crescimento e podendo elevar o acúmulo de gordura corporal (Pezzato et al. 2004). Portanto, um equilíbrio entre a energia digestível e a proteína bruta da ração é um item de grande importância que deve ser considerado.

Outro fator importante na formulação de rações para peixes está relacionado à sua baixa capacidade para o aproveitamento de carboidratos. Alguns pesquisadores alegam que não há exigência deste nutriente para peixes e que sua inclusão acentuada pode trazer prejuízos de desempenho, aumento de gordura visceral e sobrecarga ao sistema hepático (Pezzato et al. 2004).

As rações extrusadas necessitam de um teor mínimo de amido para garantir a expansão dos grânulos, o que muitas vezes acaba ultrapassando a capacidade de metabolismo do peixe. Porém, a tilápia nilótica utiliza eficientemente os carboidratos como fonte de energia (Luquet 1991), o que possibilita o uso de ingredientes de origem vegetal em sua dieta, minimizando os custos das rações comerciais nos sistemas de produção da espécie (Furuya et al. 2010).

Apesar de sua importância econômica no país, ainda existem algumas lacunas relacionadas à nutrição da tilápia do Nilo. Exigências nutricionais dentro de cada fase

do cultivo comercial e o efeito de alguns aditivos com potencial para melhorar o desempenho tem estudos ainda incipientes.

A fase de terminação, por exemplo, é a que apresenta maior mudança na composição da carcaça, com aumento do desenvolvimento dos músculos que dão origem ao filé e da deposição de gordura nos tecidos. Nessa etapa também ocorre um aumento na conversão alimentar, e dietas balanceadas e eficientes podem evitar desperdício de nutrientes e melhorar o desempenho dos animais.

## **METODOLOGIA**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Tecnologia da Reprodução de Animais Aquáticos Cultiváveis (LATRAAC), localizado no Instituto de Pesquisa em Aquicultura Ambiental (InPAA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), campus de Toledo, durante os meses de fevereiro e março de 2012.

O período experimental adotado foi de 38 dias, com sete dias de adaptação e 31 dias de exposição dos animais às dietas suplementadas com ractopamina, semelhante ao adotado por Mustin & Lovell (1993) em experimentação com catfish, pois os  $\beta$ -agonistas são ativos e eficazes quando ofertados em curtos períodos de tempo (28-42 dias) próximo ao final do período de engorda (Beerman & Dunshea, 2005). Esse período de eficiência é limitado em função da dessensibilização dos receptores  $\beta$ -adrenérgicos (Moody et al. 2000).

Foram utilizados 400 peixes ( $755 \pm 22,25$  g de peso médio inicial e  $28,02 \pm 0,31$  cm de comprimento corporal padrão), estocados em 20 tanques de alvenaria, com fundo de terra e área útil de aproximadamente  $10 \text{ m}^2$ , com uma densidade de dois peixes  $\text{m}^{-2}$  ou  $1,5 \text{ kg m}^{-2}$ , totalizando 20 animais por tanque. O abastecimento de água foi padronizado para todos os tanques de modo a oferecer uma renovação de aproximadamente 25% ao dia.

Os peixes foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, composto por cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram constituídos por cinco rações isoproteicas e isoenergéticas, diferindo apenas na adição dos níveis de inclusão de ractopamina (0, 4, 8, 12, 16  $\text{mg kg}^{-1}$ ) de acordo com valores de inclusão usados em experimentação com peixes (Mustin & Lovell 1995; Bicudo et al.



2012; Devens et al. 2012), totalizando 20 unidades experimentais (Tabela 1). Cada tanque de alvenaria foi considerado uma unidade experimental.

A ração foi formulada no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos da Universidade Federal do Paraná - Setor Palotina, com base em dados de digestibilidade para a espécie obtidos por Boscolo et al. (2002) (Tabela 1), confeccionadas no InPAA na forma peletizada, com grânulos de 5 mm de diâmetro. Os valores nutricionais utilizados foram semelhantes aos recomendados para a espécie nas criações comerciais. Para confecção das rações, os ingredientes foram triturados em moinho do tipo martelo com peneira de 0,5 mm (Hayashi et al.1999; Meurer et al. 2005).

Tabela 1. Composição percentual e química das rações experimentais.

Ingredientes (%)	Níveis de inclusão da Ractopamina (mg kg <sup>-1</sup> )				
	0	4	8	12	16
Farelo de Soja	57,60	57,60	57,60	57,60	57,60
Milho	24,30	24,30	24,30	24,30	24,30
Farelo de Trigo	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Fosfato Bicálcico	2,75	2,75	2,75	2,75	2,75
Óleo de Soja	2,45	2,45	2,45	2,45	2,45
Suplemento mineral e vitamínico <sup>1</sup>	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Sal	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Calcário	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Inerte <sup>2</sup>	0,10	0,08	0,06	0,04	0,02
BHT <sup>3</sup>	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
RAC <sup>4</sup>	0,00	0,02	0,04	0,06	0,08
<b>Nutriente e Energia</b>					
Energia digestível (kcal.kg <sup>-1</sup> )	3000	3000	3000	3000	3000
Amido (%)	25,90	25,90	25,90	25,90	25,90
Cálcio (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Cinzas (%)	7,45	7,45	7,45	7,45	7,45
Fósforo total (%)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Gordura (%)	4,19	4,19	4,19	4,19	4,19
Proteína digestível (%)	28,69	28,69	28,69	28,69	28,69
Proteína Bruta (%)	32,00	32,00	32,00	32,00	32,00

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilograma de produto: ácido fólico: 200 mg, ácido pantotênico: 4.000 mg; Biotina: 40 mg; Cobre: 2.000 mg; Ferro: 12.500 mg; Iodo: 200 mg; Manganês: 7.500 mg; Niacina: 5.000 mg; Selênio: 70 mg; Vitamina A: 1.000.000 UI; Vitamina B1: 1.900 mg; Vitamina B12: 3.500 mg; Vitamina B2: 2.000 mg; Vitamina B6: 2.400 mg; Vitamina C: 50.000 mg; Vitamina D3: 500.000 UI; Vitamina E: 20.000 UI; Vitamina K3: 500 mg; Zinco:25.000 mg. <sup>2</sup>Areia. <sup>3</sup>BHT = Butil hidroxitolueno. <sup>4</sup>RAC (Produto comercial composto por cloridrato de ractopamina e veículo. Nível de garantia de ractopamina: 2%)

Os animais foram arraçoados três vezes ao dia (10h30, 13h30, 16h30) durante sete dias com a ração controle ( $0 \text{ mg kg}^{-1}$ ), utilizando-se uma taxa de arraçoamento de 1% da biomassa de peixes/dia para aclimação às condições experimentais e ao tipo de ração. A partir do oitavo dia foi iniciado o fornecimento de ração ad libitum.

Ao final de 21 dias de experimento foi realizada uma biometria para correção da taxa de arraçoamento e, para isso, os peixes de cada unidade experimental foram pesados individualmente.

A temperatura da água dos tanques e o pH foram aferidos diariamente em dois horários (10h e 16h) e o oxigênio dissolvido ( $\text{mg L}^{-1}$ ) a cada 15 dias às 06h, por meio de equipamento digital multiparâmetro (Ysi Professional Plus).

Ao final do período experimental os peixes de cada unidade experimental foram individualmente pesados e medidos em comprimento total (CT), comprimento padrão (CP), altura do tronco (ATR) e largura do tronco (LTR). As variáveis morfométricas avaliadas foram as relações  $\text{CP CT}^{-1}$  e  $\text{LTR ATR}^{-1}$ , pois elas mostram a condição de robustez dos animais. Já as variáveis de desempenho zootécnico mensuradas foram: ganho de peso médio (GPM) ( $\text{peso final}_{(g)} - \text{peso inicial}_{(g)}$ ), conversão alimentar aparente (CAA) ( $\text{consumo de ração aparente}_{(g)} / \text{ganho de peso}_{(g)}$ ), fator de condição (FC) ( $(\text{peso corporal}_{(g)} / \text{comprimento corporal padrão}_{(cm)})^3$ ) e taxa de crescimento específico (TCE) ( $(\ln \text{peso final}_{(g)} - \ln \text{peso inicial}_{(g)}) / \text{duração do experimento}_{(dias)} * 100$ ).

Em seguida foram amostrados aleatoriamente 10 peixes por unidade experimental para processamento e avaliação de rendimento de cortes da carne e demais índices corporais. Para tanto, os peixes foram previamente anestesiados com benzocaína,  $190 \text{ mg L}^{-1}$  (Okamura et al. 2010), eutanasiados por deslocamento da coluna e posteriormente dissecados. Desta amostra foram apurados os pesos de: carcaça (animal eviscerado), tronco limpo (animal eviscerado, sem cabeça, pele e nadadeiras), filé, musculatura abdominal, resíduos (cabeça, pele, nadadeiras e coluna vertebral), vísceras (exceto fígado) e fígado.

As variáveis de rendimento corporal avaliadas foram: rendimento de carcaça (CAR), de tronco limpo (TL), de resíduos (RES), de filé (FILÉ) e de musculatura abdominal (MA). Também foram calculados o índice hepatossomático (IH) ( $(\text{peso do fígado} / \text{peso corporal}) * 100$ ) e o índice viscerossomático (IVS) ( $(\text{peso das viscerais} / \text{peso corporal}) * 100$ ).

## Bromatologia

A análise química da carne foi feita conforme metodologia adaptada de Mizubuti et al. (2009) e todas as análises foram realizadas em triplicata no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos da UFPR, Setor Palotina. Para tanto, as amostras de carne e órgãos de cada unidade experimental foram moídas e homogeneizadas. As análises de matéria seca (MS) e matéria mineral foram feitas somente para amostras de filé e musculatura abdominal. Proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) foram determinados para as amostras de filé, musculatura abdominal, fígado e vísceras.

## Análise Estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) a um nível de significância de 5%, com a checagem dos pressupostos de normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro-Wilk e homocedasticidade de variância pelo teste de Levene. O software utilizado para condução das análises foi o Statistica<sup>®</sup> versão 7.1. Quando detectadas diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey.

## RESULTADOS

As variáveis físicas e químicas da água dos viveiros experimentais foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) ao longo de todo o período experimental. A temperatura média no período da manhã foi de  $22,96 \pm 0,10^\circ\text{C}$  e à tarde foi de  $25,50 \pm 0,22^\circ\text{C}$ . O valor médio de pH durante o período da manhã foi de  $7,11 \pm 0,05$  e à tarde  $7,18 \pm 0,07$  e o oxigênio dissolvido teve um valor médio de  $5,09 \pm 0,59 \text{ mg L}^{-1}$ .

Não foram detectadas diferenças ( $P > 0,05$ ) de tamanho corporal entre os peixes alimentados com os diferentes níveis de inclusão da ractopamina (Tabela 2). As relações morfométricas médias foram semelhantes para todos os tratamentos.

Tabela 2. Relações morfométricas de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de ractopamina.

Variáveis	Níveis de Ractopamina (mg kg <sup>-1</sup> )					p valor	Erro padrão
	0	4	8	12	16		
CP CT <sup>-1</sup>	0,83	0,84	0,83	0,83	0,83	0,7191	0,0031
LARG ALT <sup>-1</sup>	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,9911	0,0009

CP CT<sup>-1</sup> = relação comprimento padrão/comprimento total; LARG ALT<sup>-1</sup> = relação largura do tronco/altura do tronco.

As variáveis de desempenho zootécnico também não diferiram (P>0,05) em função da adição crescente desse aditivo (Tabela 3). O ganho de peso variou de 152,93 a 175,80 g para os tratamentos com 12 mg kg<sup>-1</sup> de ractopamina e o controle, respectivamente. A conversão alimentar aparente média foi 2,39.

Tabela 3. Desempenho zootécnico de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de ractopamina.

Variáveis	Níveis de Ractopamina (mg kg <sup>-1</sup> )					p valor	Erro padrão
	0	4	8	12	16		
GP (g)	175,80	171,13	167,56	152,93	161,84	0,5328	3,9543
CAA	2,28	2,28	2,32	2,62	2,46	0,5295	0,0665
FC(%)	3,87	3,76	3,90	3,81	3,78	0,9298	0,0268
TCE(%)	0,2335	0,2281	0,2260	0,2061	0,2129	0,6052	0,0051

GP = Ganho de peso; CAA = conversão alimentar aparente; FC = fator de condição; TCE = taxa de crescimento específico.

Os dados de rendimento corporal também se mostraram inalterados (P>0,05), em todos os tipos de cortes analisados, pela presença da ractopamina (Tabela 4).

Tabela 4. Rendimento corporal de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de ractopamina.

Variáveis	Níveis de Ractopamina (mg kg <sup>-1</sup> )					p valor	Erro padrão
	0	4	8	12	16		
CAR	89,63	89,65	89,95	90,43	89,79	0,7984	0,1461
TL	50,82	51,85	52,24	51,78	51,43	0,8593	0,2380
RES	50,34	51,48	50,91	51,68	51,51	0,5838	0,2477
FILÉ	35,14	34,42	34,66	34,41	33,75	0,6242	0,2246
BAR	2,78	3,06	2,93	2,70	3,05	0,6651	0,0718
HIS	1,75	1,77	1,76	1,67	1,71	0,8609	0,0179
IVS	8,85	8,00	8,23	8,15	8,03	0,3012	0,1551

CAR = carcaça; TL = tronco limpo; RES = resíduo; MA = musculatura abdominal; IHS = índice hepatossomático; IVS = índice viscerossomático.

Para composição química da carne, verificou-se que os níveis de ractopamina nas rações experimentais também não interferiram ( $P>0,05$ ) no teor de umidade, percentual de matéria mineral e proteína bruta para os cortes avaliados.

Com relação ao extrato etéreo (Tabela 05), foi verificado efeito ( $P<0,05$ ) somente para o corte da musculatura abdominal, em que o tratamento com  $8 \text{ mg kg}^{-1}$  de ractopamina demonstrou menor conteúdo percentual de lipídeos (19,93%) e o tratamento controle o maior (25,99%) em relação aos demais tratamentos. Para os demais cortes a ractopamina não demonstrou efeito para esta variável.

Tabela 5. Composição centesimal de diferentes cortes da carne e órgãos de tilápia do Nilo alimentadas com rações contendo diferentes níveis de ractopamina.

Variáveis	Níveis de Ractopamina ( $\text{mg kg}^{-1}$ )					p valor	Erro padrão
	0	4	8	12	16		
<b>FILE</b>							
Umidade	76,26	76,26	76,78	76,16	76,52	0,5071	0,2525
Cinzas	1,16	1,19	1,17	1,16	1,19	0,1414	0,0143
Proteína bruta	19,06	19,11	19,30	19,47	19,69	0,7073	0,2610
Extrato Etéreo	2,74	2,54	2,44	2,46	2,40	0,8631	0,1350
<b>MUSCULATURA ABDOMINAL</b>							
Umidade	59,22	63,13	64,44	61,40	62,53	0,1651	1,9680
Cinzas	0,88	0,91	0,96	0,84	0,89	0,1437	0,0432
Proteína bruta	15,94	16,28	16,55	15,37	15,64	0,1973	0,4752
Extrato Etéreo	25,99 <sup>b</sup>	20,49 <sup>ab</sup>	19,93 <sup>a</sup>	24,93 <sup>ab</sup>	21,98 <sup>ab</sup>	0,0182*	2,6859
<b>FÍGADO</b>							
Proteína bruta	11,50	12,34	11,47	12,37	11,95	0,3255	0,4355
Extrato Etéreo	3,48	2,89	2,84	3,39	3,46	0,8454	0,3194
<b>VÍSCERAS</b>							
Proteína bruta	5,20	5,54	6,29	5,58	6,16	0,3073	0,4568
Extrato Etéreo	44,33	45,26	43,50	43,03	41,08	0,8012	1,5696

\* Dados apresentando diferença significativa ( $P<0,05$ ). Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey. CV = Coeficiente de variação.

## DISCUSSÃO

Os dados de morfometria (comprimento padrão, comprimento total e comprimento padrão/comprimento total) mostram que os níveis crescentes de

ractopamina não promoveram crescimento em comprimento, o que está de acordo com o NRC (1994) que relata que os AβAs desempenham pouco ou nenhum efeito sobre os ossos dos animais.

A relação  $LARG\ ALT^{-1}$  do tronco, que está associada à condição de robustez do animal e, conseqüentemente, à conformação dos cortes que utilizam a musculatura dorso-lateral dos peixes (Boscolo et al. 2001; Bombardelli & Sanches 2008) também se manteve semelhante conforme os níveis crescentes de ractopamina. Isso indica que este AβA não foi efetivo na redistribuição dos nutrientes das reservas lipídicas para a síntese de músculo durante o período avaliado. Este efeito foi antagônico aos resultados dos estudos de Adeola et al. (1990) e Williams et al. (1994) com suínos e Satpathy et al. (2001) com a carpa indiana, nos quais a ractopamina aumentou a partição da energia para a formação de proteína e conseqüente aumento da síntese de proteína do tecido muscular.

Mustin & Lovell (1993) em um estudo com catfish, em que a dosagem de ractopamina utilizada variou de 20 a 100 mg kg<sup>-1</sup>, verificaram um efeito positivo deste aditivo com aumento de 17% de ganho de peso em relação ao grupo controle. Porém, neste estudo não foi detectado aumento no ganho de peso para tilápias na classe de peso utilizada, este resultado pode estar relacionado ao período de fornecimento do aditivo e à dosagem utilizada, bem como à idade e à espécie do peixe. Webster et al. (1995) também relatam resultados semelhantes em seu estudo utilizando 3 mg kg<sup>-1</sup> de L644,969 (outro agonista comercial) para o catfish azul (*Ictalurus furcatus*) em que não houve efeito para as variáveis ganho de peso, conversão alimentar e taxa de crescimento específico.

Os altos valores de conversão alimentar aparente podem estar relacionados ao processamento da ração (peletizadas) e com a forma de arraçoamento (ad libitum), já que não havia visualização do consumo da ração pelos peixes, e pode ter sido ofertado mais que a sua capacidade de consumo.

O fator de condição, ou seja, a relação entre o peso e o comprimento corporal, permite calcular um parâmetro que determina o grau de bem estar do peixe (Rocha et al. 2005). A uniformidade observada neste estudo para esses valores leva a supor que as condições alimentares e ambientais entre os peixes das diferentes unidades experimentais foram semelhantes.

Não foi evidenciado efeito da ractopamina no rendimento de carcaça e cortes comerciais para as tilápias através neste estudo. Já Mustin & Lovell (1993) relataram

diminuição desta variável para o catfish, que pode ter sido causado pela redução da gordura no músculo dos peixes alimentados com ractopamina.

O rendimento de tronco foi semelhante ao relatado por Boscolo et al. (2001) para tilápias de linhagem comum. Assim como a relação  $LARG\ ALT^{-1}$ , esta variável traduz a condição de robustez dos animais e, dessa forma, como não houve incremento de musculatura nos animais alimentados com ractopamina conseqüentemente não houve aumento no rendimento de tronco.

Para o filé, Satpathy et al. (2001) observaram aumento de 10% no rendimento de filé utilizando 300 e 400 g  $kg^{-1}$  de proteína bruta e 3 e 6 mg  $kg^{-1}$  de salbutamol para alevinos de carpa indiana.

Segundo Early et al. (1990) e Bergen & Merkel (1991) o hormônio de crescimento promove aumento do crescimento da carcaça (musculatura esquelética e ossos) e demais tecidos (fígado, trato gastrointestinal etc.), o que produz um crescimento no músculo e órgãos de forma generalizada. E, ao contrário do hormônio de crescimento, os A $\beta$ As aumentam a deposição de proteína na musculatura esquelética, mas não aumentam o tamanho dos órgãos (fígado, rins, trato intestinal, e pele), podendo reduzi-los pelo tratamento (Reeds & Mersmann 1991).

Segundo o NRC (1994), pesquisas utilizando A $\beta$ As para aves, ruminantes e suínos mostraram efeitos similares nos quais a massa de tecidos viscerais e a maioria dos órgãos não aumentaram e, em alguns casos, a massa do fígado diminuiu. Dessa forma, a falta de efeito para os índices hepatossomático e viscerossomático obtidos neste estudo corrobora as informações contidas na literatura.

Quanto à composição química das tilápias, a ractopamina se mostrou eficiente apenas na redução do teor de gordura da musculatura abdominal, em que a dieta com 8 mg  $kg^{-1}$  proporcionou uma diminuição de 23,3% no extrato etéreo.

Pesquisas com outras espécies de peixes e outros A $\beta$ As demonstram resultados diferenciados, como o estudo de Haji-Abadi et al. (2010), que utilizaram ractopamina para truta arco-íris e observaram efeito para o teor de proteína bruta e lipídios, sem no entanto alterar o teor de umidade. Ainda, Mustin & Lovell (1993) observaram redução da gordura no músculo e aumento no teor de umidade no filé para catfish também alimentados com ractopamina. Webster et al. (1995) relatam diferenças significativas para umidade, proteína, lipídios e matéria mineral, porém a pesquisa foi feita utilizando o  $\beta$ -adrenérgico L644,969. Mas, convém ressaltar que as espécies de peixes escolhidas

por estes pesquisadores diferem em composição corporal, principalmente em teor de lipídeos, em relação à tilápia do Nilo, que apresenta menor acúmulo de gordura.

A musculatura abdominal é um tipo de corte que possui grande acúmulo de gordura quando comparado ao filé, o que provavelmente pode ter favorecido o efeito da ractopamina nesta região. É possível notar também uma tendência de aumento nos percentuais de umidade e proteína bruta nos níveis de 4 e 8 mg kg<sup>-1</sup>, o que pode estar relacionado com a redução da gordura e aumento de síntese de proteína.

É difícil a comparação dos resultados obtidos para a musculatura abdominal com a literatura, pois este tipo de corte é empregado pela indústria de processamento da tilapicultura, ou seja, para outras espécies os trabalhos relatam apenas a composição química da carcaça ou peixe inteiro e do filé dos peixes. Este tipo de corte geralmente é desperdiçado pela maioria das unidades de processamento de peixes (Bombardelli & Sanches 2008) e segundo Souza (2002) o rendimento deste corte é dependente do peso do peixe, método de filetagem, destreza do filetador e determinação da forma do corte.

A porção visceral apresentou elevados teores de extrato etéreo, pois se optou por não separar a gordura mesentérica. Os valores obtidos para proteína bruta e extrato etéreo foram diferentes dos obtidos por Webster et al. (1995) com o catfish azul, que encontraram efeito para as duas variáveis.

A musculatura esquelética é o tecido alvo primário para melhorar o acúmulo de proteína em animais alimentados com AβAs, mas a hipertrofia do músculo depende de uma adequada ingestão de proteína na dieta (Bergen et al. 1989; Bergen & Merkel 1991). Satpathy et al. (2001) testando os níveis de 300 e 400 g kg<sup>-1</sup> de proteína bruta para a carpa indiana relatam que a eficácia do β-adrenérgico salbutamol foi mais pronunciada no nível de 300 g kg<sup>-1</sup> de proteína. Ou seja, o aumento no teor de proteína bruta não necessariamente pode ser positivo no efeito do agonista, mas a correta suplementação de aminoácidos pode melhorar a resposta do animal ao estímulo do beta adrenérgico.

Avaliando de maneira geral os resultados, pode-se inferir que a ractopamina teve efeito mais pronunciado na região de maior acúmulo de gordura na musculatura abdominal, reduzindo consideravelmente o teor de gordura. Mas, sendo a tilápia uma espécie com menor acúmulo de gordura intra-muscular e mais acúmulo visceral, uma metodologia mais adequada para avaliação da gordura visceral poderia revelar um resultado diferente.



Devido à escassez de informações disponíveis sobre o uso de ractopamina em peixes, não se sabe qual o nível de afinidade molecular entre a ractopamina e os receptores nos adipócitos e músculo da tilápia, o que possivelmente pode ter influenciado diretamente no aproveitamento da ractopamina pelos animais.

Segundo Salem et al. (2006), os estudos mostram que os A $\beta$ A têm menos efeito anabólico em peixes quando comparados a mamíferos, e antes de serem empregados na indústria da aquicultura, é necessário um maior esclarecimento do mecanismo preciso pelo qual os adrenérgicos modulam o metabolismo do músculo dos peixes.

Com base nos resultados encontrados neste estudo, não é possível descartar o uso da ractopamina na tilapicultura, pois existem inúmeras lacunas a serem exploradas. E, diante da importância da tilápia na piscicultura brasileira, o uso deste aditivo pode contribuir para aumentar o aproveitamento da ração pelos peixes no período de engorda.

## CONCLUSÃO

A utilização de 8 mg kg<sup>-1</sup> de ractopamina para a fase final de cultivo da tilápia do Nilo (750 a 920 g) se mostrou eficiente na redução do teor de gordura da musculatura abdominal bem como não prejudicou nenhum outro parâmetro do seu desempenho ou composição química.

## REFERÊNCIAS

- Adeola, O., Darko, E.A., He, P. & Young, L.G. (1990) Manipulation of porcine carcass composition by ractopamine. *J. Anim. Sci.*, **68**, 3633-3641.
- Almeida V.V., Nuñez, A.J.C. & Miyada, V.S. (2012) Ractopamine as a metabolic Modifier feed additive for finishing pigs: a review. *Braz. Arch. Biol. Techn.*, **55**, 445-456.
- Beermann, D.H. (2002) Beta-Adrenergic receptor agonist modulation of skeletal muscle growth. *J. Anim. Sci.* **80**, 18-23.
- Beermann, D.H., & Dunshea, F.R. (2005) Animal agriculture's future through biotechnology, Part 3: Metabolic modifiers for animal production. *Counc. Agric. Sci. Technol. (Ames, IA)*, **30**, 1-12.

- Bergen, W.G. (1974) Protein synthesis in animal models. *J. Anim. Sci.* **38**, 1709-1091.
- Bergen, W.G., Johnson, S.E., Skjaerlund, D.M., Babiker, A.S., Ames, N.K., Merkel, R.A. & Anderson, D.B. (1989) Muscle protein metabolism in finishing pigs fed ractopamina. *J. Anim. Sci.*, **67**, 2255-2262.
- Bergen, W.G. & Merkel, R.A. (1991) Body composition of animal treated with partitioning agents: implications for human health. *Faseb J.*, **5**, 2951-2957.
- Bicudo, A.J.A., Sado, R.Y., Cyrino, J.E.P. (2012) Growth, body composition and hematology of juvenile pacu (*Piaractus mesopotamicus*) fed increasing levels of ractopamine. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, **64**, 1335-1342.
- Bombardelli, R.A. & Sanches, E.A. (2008) Avaliação das características morfológicas corporais, do rendimento de cortes e composição centesimal da carne do armado (*Pterodoras granulosus*). *Bol. Inst. Pesca*, **34**, 221-229.
- Bomfim, M.A.D., Lanna, E.A.T., Donzele, J.L., Quadros, M., Ribeiro, F.B. & Souza, M.P. (2010) Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec.* **39**, 1-8.
- Boscolo, W.R., Hayashi, C., Soares, C.M., Furuya, W.M. & Meurer, F. (2001) Desempenho e Características de Carcaça de Machos Revertidos de Tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Linhagens Tailandesa e Comum, nas Fases Inicial e de Crescimento. *Rev. Bras. Zootec.*, **30**, 1391-1396.
- Boscolo, W.R., Hayashi, C. & Meurer, F. (2002) Digestibilidade Aparente da Energia e Nutrientes de Alimentos Convencionais e Alternativos para a Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.). *Rev. Bras. Zootec.*, **31**, 539-545.
- Braga, R.A., Chacon, J.O. & Grangeiro, B.M.F. (1970) Alimento de Tilapia melanopleura Dum., 1857, em pequenos açudes nos rios do Ceará e Pacoti, Estado do Ceará, Brasil (Pisces: Cichlidae). *Bol. Tecn. DNOCS*, **28**, 31-48.
- Cantarelli, V.S., Zangeronimo, M.G., Almeida, E.C., Wolp, R.C., Pereira, L.M. & Fialho, E.T. (2008) Qualidade de cortes de suínos recebendo ractopamina na ração em diferentes programas alimentares. *Acta Sci. Anim. Sci.*, **30**, 165-171.
- Dikeman, M.E. (2007) Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Sci.*, **77**, 121-135.
- Eadara, J.K., Dalrymple, R.H., DeLay, R.L., Ricks, C.A. & Romsos, D.R. (1989) Effects of cimaterol, a beta-adrenergic agonist, on lipid metabolism in rats. *Metabolism*, **38**, 522-529.
- Early, R.J., McBride, B.W., & Ball, R.O. (1990) Growth and metabolism in somatotropin-treated steers: III. Protein synthesis and tissue energy expenditures. *J. Anim. Sci.*, **68**, 4153-4166.

- El-Sayed, A.F.M. (2006) *Tilapia Culture*. CABI publishing, Massachusetts, EUA. 277pp.
- Furuya, W.M., Botaro, D., Silva, L.C.R., Neves, P.R. & Hayashi, C. (2004) Exigência de lisina pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na terminação. *Cienc. Rural*, **34**, 1571-1577.
- Furuya, W.M., Santos, V.G., Silva, L.C.R. & Furuya, V.R.B. (2006) Exigência de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootec.*, **35**, 937-942.
- Furuya, W.M., Pezzato, E.P., Barros, M.M., Boscolo, W.R., Cyrino, J.E.P., Furuya, V.R.B. & Feiden, A. (eds.) (2010) *Tabelas brasileiras para a Nutrição de Tilápias*. Ajinomoto Animal Nutrition. São Paulo. 98pp.
- Gonzales, E., Berto, D.A. & Macari, M. (1993) Utilização de agonistas  $\beta$  adrenérgicos como repartidores de nutrientes em produção animal. *Rev. Bras. Zootec.*, **22**, 316-329.
- Gurgel, J.J.S. (1998) Potencialidade do cultivo de tilápia no Brasil. In: Congresso nordestino de produção animal, pp. 345-352. Anais...Fortaleza:Sociedade Nordestina de Produção Animal, Fortaleza, Brasil.
- Haji-Abadi, S.M.A., Soofiani, N.M., Sadeghi, A.A., Chamani, M. & Riazi, G.H. (2010) Effects of supplemental dietary L-carnitine and ractopamine on the performance of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquac. Res.*, **41**, 1582-1591.
- Hardy, R.W. & Barrows, F.T. (2002) *Diet Formulation and Manufacture*. In: *Fish Nutrition* (Halver, J.E. & Hardy, R.W. eds.) 3rd edn. pp. 505-600. Elsevier Science. New York, USA.
- Hayashi, C., Boscolo, W.R., Soares, C.M., Boscolo, V.R. & Galdioli, E.M. (1999) Uso de diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas para a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* L.) na fase de crescimento. *Acta Sci.*, **21**, 733-737.
- Helferich, W.G., Jump, D.B., Anderson, D.B., Skjaerlund, D.M., Merkel, R.A. & Bergen, W.G. (1990) Skeletal muscle actin synthesis is increased pretranslationally in pigs fed the phenethanolamine ractopamine. *Endocrinology*, **126**, 3096-3100.
- Hisano H. & Portz, L. (2007) Redução de custos de rações para tilápia: a importância da proteína. *Bahia Agr.*, **8**, 42-45.
- Johnson, B. (2004) Efficacy, mode of beta-adrenergic agonist discussed. *Feedstuffs*, **76**, 13-17.
- Jozefowski S.J. & Plytycz, B. (1998) Characterization of  $\beta$ -adrenergic receptors in fish and amphibian lymphoid organs. *Dev. Comp. Immunol.*, **11**, 587-603.
- Kiefer, C. & Sanches, J.F. (2009) Metanálise dos níveis de ractopamina em dietas para suínos em terminação. *Rev. Bras. Zootec.*, **38**, 1007-1044.

- Kubitza, F. (ed) (2000) Tilápia: Tecnologia e planejamento na produção comercial. 2ed. Editora DEGASPARI, São Paulo. 289 p.
- Leeb-Lundberg L.M.F., Cotecchia, S., DeBlasis, A., Caron, M.G. & Lefkowitz, R.J. (1987) Regulation of Adrenergic Receptor Function by Phosphorylation. *J. Biol. Chem.*, **262**, 3098-3105.
- Luquet, P. (1991) Tilapia, *Oreochromis* spp. In: Handbook of nutrient requirement of finfish (Wilson, R.P. ed.), pp. 169-180. CRC Press, Boca Raton, Flórida.
- McGraw, D.W. & Liggett, S.B. (2005) Molecular Mechanisms of B<sub>2</sub>-Adrenergic Receptor Function and Regulation. *Proc. Am. Thorac. Soc.*, **2**, 292-296.
- Meurer, F., Bombardelli, R.A., Hayashi, C. & Fornari, D.C. (2005) Grau de moagem dos alimentos em rações para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) durante o período de reversão sexual. *Acta Sci. Anim. Sci.*, **27**, 81-85.
- Mills, S.E. (2002) Biological basis of the ractopamine response. *J. Anim. Sci.*, **80** (E. Suppl. 2), E28-E32.
- Mizubuti, I.Y., Pinto, A.P., Pereira, E.S., & Ramos, B.M.O. (eds.) (2009) Métodos laboratoriais de avaliação de alimentos para animais. EDUEL. Londrina. 228 p.
- MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura (2011) Participação da aquicultura no setor pesqueiro nacional. Disponível em: <<http://www.mpa.gov.br/index.php/aquiculturampa/informacoes/producao>>. Acesso em 20 outubro 2012.
- Mersmann, H.J. (1998) Overview of the effects of beta-adrenergic receptor agonist on animal growth including mechanisms of action. *J. Anim. Sci.* **76**, 160-172.
- Moody, D.E., Hancock, D.L., & Anderson, D.B. (2000) Phenethanolamine repartitioning agents. In: Farm Animal Metabolism and Nutrition (D'Mello, J.P.F. ed.) pp. 65-95. CAB Internacional, New York.
- Moura, M.S., Kiefer, C., Silva, C.M., Nantes, C.L., Silva, E.A. & Martins, L.P. (2011) Níveis de energia líquida e ractopamina para leitoas em terminação sob conforto térmico. *Rev. Bras. Zootecn.* **40**, 1968-1974.
- Mustin, W.T. & Lovell, R.T. (1993) Feeding the repartitioning, ractopamine, to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) increases weight gain and reduces fat deposition. *Aquaculture*, **109**, 145-152.
- Nandlal, S. & Pickering, T. (2004) Tilapia Fish Farming in Pacific Island Countries: Tilapia Grow-out in ponds. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia. 49p.
- National Research Council (NRC) (1994) Metabolic modifiers – Effects on the nutrient requirements of food-producing animals. National Academy of Sciences, Washington, DC. 96pp.

- Nelson, D.L. & Cox, M.M. (2002) Biossinalização. In: Lehninger princípios de bioquímica (Simões, A.A. & Lodi, W.R.N. trad.) 3rd edn. pp. 353-353. Câmara Brasileira do Livro. São Paulo, Brasil.
- Okamura, D., Araújo, F.G., Rosa, P.V., Freitas, R.T.F., Murgas, L.D.S. & Cesar, M.P. (2010) Influência da concentração de benzocaína e do comprimento dos peixes na anestesia e na recuperação de tilápias-do-nylo. *Rev. Bras. Zootecn.*, **39**, 971-976.
- Oliveira, E.G., Santos, F.J.S., Pereira, A. M. L. & Lima, C. B.(2007) Produção de tilápia: Mercado, espécie, biologia e recria. Circular Técnica, 45 (INFOTECA-E). Embrapa Meio Norte.
- Ostrensky, A. & Boeger, W.A. (ed.) (1998) Piscicultura: Fundamentos e técnicas de manejo. Agropecuária. Guaíba. 211pp.
- Ostrensky, A., Boeger, W.A. & Chammas, M.A. (2008) Potencial para o desenvolvimento da aquicultura no Brasil. In: Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer (Ostrenski, A., Boeger, W.A & Soto, D. ed.) pp. 159-182. FAO e Secretaria Especial de Aquicultura e Pesca, Brasília, Brasil.
- Pezzato, L.E., Barros, M.M., Fracalossi, D.M. & Cyrino, J.E.P. (2004) Nutrição de Peixes. In: Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva (Cyrino, J.E.P., Urbinati, E.C., Fracalossi, D.M., & Castagnolli, N. eds.) pp. 75-169. TecArt. São Paulo, Brasil.
- Popma, T.J.& Lovshin, L.L. (1996) Worldwide prospects of commercial production of tilapia. In: Research and Development series. Auburn: Auburn University, Alabama. 23p.
- Ramos, F. & Silveira, M.I.N. (2001) Agonistas adrenérgicos  $\beta_2$  e produção animal: II Relação estrutura atividade e farmacocinética. *Rev. Port. Cienc. Vet.*, **96**, 167-175.
- Reeds, P.J. & Mersmann, H.J. (1991) Protein and energy requirements of animals treated with beta-adrenergic agonist: a discussion. *J. Anim. Sci.*, **69**, 1532-1550.
- Ricke, E.A., Smith, D.J., Feil, V.J., Larsen, G.L. & Caton, J.S. (1999) Effects of ractopamine HCL stereoisomers on growth, nitrogen retention, and carcass composition in rats. *J. Anim. Sci.* **77**, 701-707.
- Ricks, C.A., Baker, P.K. & Dalrymple, R.H. (1984) Use of repartitioning agents to improve performance and body composition of meat animals. *Proc. Reciprocal Meat Conf.*, **37**, 5-11.
- Rocha, M.A., Ribeiro, E.L.A., Mizubuti, I.Y., Silva, L.D.F., Borosky, J.C. & Rubin, K.C.P. (2005) Uso do fator de condição alométrico e de fulton na comparação de carpa (*Cyprinus carpio*), considerando os sexos e idade. *Semina: Cienc. Agr.*, **26**, 429-434.

- Salem, M., Levesque, H., Moon, T.W., Rexroad, C.E. & Yao, J. (2006) Anabolic effects of feeding  $\beta$ 2-adrenergic agonists on rainbow trout muscle proteases and protein. *Comp Biochem. Physiol. A Mol. Integr. Physiol.*, **144**, 145-154.
- Satpathy, B.B., Mukherjee, D. & Ray, A.K. (2001) Effects of dietary inclusion of the beta-adrenergic agonist, salbutamol, on growth performance and whole-body composition of rohu *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings fed diets containing two protein levels. *Aquac. Res.*, **32**, 739-747.
- Schinckel, A.P., Li, N., Richert, B.T., Preckel, P.V. & Einstein, M.E. (2003) Development of a model to describe the compositional growth and dietary lysine requirements of pigs fed ractopamine. *J. Anim. Sci.*, **81**, 1106-1119.
- Silva, F.A.M., Borges, M.F.M. & Ferreira, M.A. (ed.) (1999) Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade oxidante. *Química Nova* 22. pp.94-103.
- SINDIRAÇÕES, Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (2012) Setor de alimentação animal. Boletim informativo do setor maio/2012.
- SINDIRAÇÕES, Sindicato Nacional da Indústria de Alimentação Animal (2013) Setor de alimentação animal. Boletim informativo do setor maio/2013.
- Smith, D.J. (1998) The pharmacokinetics, metabolism, and tissue residues of beta-adrenergic agonists in livestock. *J. Anim. Sci.* **76**, 173-194.
- Souza, M.L.R. (2002) Comparação de seis métodos de filetagem, em relação ao rendimento de filé e de subprodutos do processamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Rev. Bras. Zootecn.*, **31**, 1076-1084.
- Takishita, S.S., Lanna, E.A.T., Donzele, J.L., Bomfim, M.A.D., Quadros, M. & Souza, M.P. (2009) Níveis de lisina digestível em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. *Rev. Bras. Zootecn.*, **38**, 2099-2105.
- Teixeira, E.A., Crepaldi, D.V., Faria, P.M.C., Ribeiro, L.P., Melo, D.C., & Euler, A.C.C. (2008) Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis sp.*). *Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.*, **9**, 239-246.
- Vandenberg, G.W. & Moccia, R.D. (1998) Growth performance and carcass composition of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), fed the  $\beta$ -agonist ractopamine. *Aquac Res.*, **29**, 469-479.
- Vandenberg, G.W., Leatherland, J.F. & Moccia, R.D. (1998) The effects of the beta-agonist ractopamine on growth hormone and intermediary metabolite concentrations in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquac. Res.*, **29**, 79-87.
- Warriss, P.D., Brown, S.N., Rolph, T.P. & Kestin, S.C. (1990) Interactions between the beta-adrenergic agonist salbutamol and genotype on meat quality in pigs. *J. Anim. Sci.* **68**, 3669-3676.

- Watanabe, W.O., Losordo, T.M., Fitzsimmons, K. & Hanley, F. (2002) Tilapia production systems in the Americas: technological advances, trends, and challenges. *Rev. Fish. Sci.*, **10**, 465-498.
- Webster, C.D., Tiu, L.G., Tidwell, J.H. & Reed, E.B. (1995) Effects of feeding the repartitioning agent L644,969 on growth and body composition of blue catfish, *Ictalurus furcatus*, fed diets containing two protein levels reared in cages. *Aquaculture*, **134**, 247-256.
- Williams, N.H., Cline, T.R., Schinckel, A.P. & Jones, D.J. (1994) The impact of ractopamine, energy intake, and dietary fat on finisher pig growth performance and carcass merit. *J. Anim. Sci.* **72**, 3152-3162.
- Wilson, R.P. (2002) Amino Acids and Proteins. In: *Fish Nutrition* (Halver, J.E. & Hardy, R.W. eds.) 3rd edn. pp. 143-179. Elsevier Science. New York, USA.
- Zimmermann, S.A. (2004) Tilápia na América Latina - Introdução e Situação Atual. *Boletim do Capítulo Latinoamericano & Caribenho da Sociedade Mundial de Aquicultura*. In: [https://www.was.org/lac-was/boletins/boletim02/02\\_reportagem/02port\\_2.htm](https://www.was.org/lac-was/boletins/boletim02/02_reportagem/02port_2.htm). Acesso em 10 de Dezembro de 2012.
- Zimmermann, S. & Fitzsimmons, K. (2004) Tilapicultura Intensiva. In: *Tópicos Especiais em Piscicultura de Água Doce Tropical Intensiva*(Cyrino, J.E.P., Urbinati, E.C., Fracalossi, D.M. & Castagnolli, N. eds.) pp. 239-266. TecArt, São Paulo, Brasil.