

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**REQUERIMENTO DE TREONINA PARA JUNDIÁ
(*Rhamdia quelen*) NA FASE INICIAL**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Daniel Prois Flores

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**REQUERIMENTO DE TREONINA PARA JUNDIÁ (*Rhamdia
quelen*) NA FASE INICIAL**

DANIEL PROIS FLORES

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Zootecnia.**

Orientador: Prof. João Radünz Neto

Santa Maria, RS, Brasil

2015

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Rurais
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

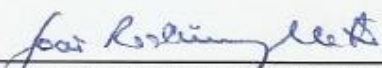
**A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado**

**REQUERIMENTO DE TREONINA PARA JUNDIÁ (*Rhamdia
quelen*) NA FASE INICIAL**


elaborada por
Daniel Prois Flores

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA



João Radünz Neto, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Rafael Lazzari, Dr. (UFSM)



João Batista Kochenborger Fernandes, Dr. (UNESP)

Santa Maria, 26 de fevereiro de 2015

AGRADECIMENTO

Em primeiro lugar agradeço a Deus pela vida e por todas as oportunidades que tive até aqui.

A minha mãe, Eliane Prois por todo apoio, por ter sido minha base, e me incentivado nos meus planos e projetos, és a principal responsável por eu ter chegado onde estou.

Ao meu pai José Carlos pelos conselhos e todo o apoio para eu seguir em frente. E a toda minha família pela ajuda e apoio.

Aos meus irmãos: Karine, Jeferson e Fernanda, onde cada um contribuiu da sua forma, me dando apoio e força para seguir em frente, meu muito obrigado.

A minha esposa Barbara e minha filha Manuella, pela compreensão das minhas ausências, pelo apoio e incentivo, por terem sido meu porto seguro nos momentos de dificuldade e desanimo, muito obrigado, amo vocês.

Um agradecimento especial e merecido a equipe que colocou a mão na massa e possibilitou a execução deste trabalho: Suziane, Isadora, Suzete, Daniel Rotili, Eduardo (Tuco), Ana Maria (Irmã da Isa) e o Wilson (Irmão do Rotili) a vocês meu muito obrigado.

À Dona Maria pela ajuda e todo apoio prestado, e a toda equipe do Laboratório de Piscicultura meus agradecimentos.

Ao meu orientador Professor João Radünz Neto, pela oportunidade da orientação, pelos conselhos, pela seriedade e paciência. Por ter sido mais que um orientador, um exemplo a ser seguido de ética e responsabilidade.

Ao Professor Rafael Lazzari pela ajuda em todas as etapas do desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores Rafael Tavares e Paulo Pacheco pelo auxílio nas análises estatísticas.

À Capes pela concessão de bolsa de estudos.

Visto ser este um trabalho pensado e desenvolvido por várias mãos e muitas cabeças, estendo a todos que de alguma forma ajudaram no decorrer do desenvolvimento deste trabalho o meu muito obrigado.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade Federal de Santa Maria

REQUERIMENTO DE TREONINA PARA JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) NA FASE INICIAL

AUTOR: DANIEL PROIS FLORES

ORIENTADOR: JOÃO RADÜNZ NETO

Data e local da defesa: Santa Maria, 26 fevereiro de 2015.

Neste trabalho foi estudado o requerimento em treonina para o jundiá (*Rhamdia quelen*) na fase inicial de crescimento. Para tal foi realizado um experimento de dose-resposta com cinco níveis de inclusão de treonina (1,6; 2,2; 2,8; 3,4; 4,0% da proteína bruta (PB)) com quatro repetições. As dietas mistas eram isoprotéicas (37% PB) e isocalóricas (3400 kcal/kg de energia digestível estimada). Os juvenis de jundiá (peso inicial $4,47 \pm 0,39$ g e comprimento $8,16 \pm 0,49$ cm) foram submetidos a 70 dias experimentais, alimentados três vezes ao dia até a saciedade aparente, e o consumo calculado diariamente. Os parâmetros de qualidade da água mantiveram-se dentro do ideal para a espécie. A cada vinte e um dias foi realizada biometria para avaliação dos parâmetros de peso, ganho de peso, taxa de crescimento específico e conversão alimentar aparente (CAA). A composição corporal, deposição de nutrientes, parâmetros metabólicos e enzimáticos foram avaliados ao início e ao final do período experimental. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, posteriormente a análise de variância, análise de regressão polinomial e regressão segmentada sendo escolhida a análise que melhor se ajusta aos dados através da comparação do erro residual. Os parâmetros de índice hepatossomático, matéria mineral e CAA, foram superiores no tratamento 1,6% de treonina na dieta. Baseando-se nos parâmetros de biomassa, ganho de peso relativo, taxa de crescimento específico e ganho de peso total o nível adequado de treonina para o jundiá nesta fase de peso é de 2,45% de treonina da proteína bruta da dieta.

Palavras-chave: Nutrição. Aminoácido. Crescimento. Dose-resposta. Dietas mistas.

ABSTRACT

Animal Science Master Dissertation
Postgraduate Program in Animal Science
Federal University of Santa Maria

THREONINE JUNDIÁ FOR REQUIREMENT (*Rhamdia quelen*) IN INITIAL PHASE

AUTHOR: DANIEL PROIS FLORES

ADVISER: JOÃO RADÜNZ NETO

Date and Defense Place: Santa Maria, February 26, 2015

In this trial the requirement of threonine for the jundiá (*Rhamdia quelen*) was studied during the initial growth phase. Therefore a dose response experiment with five threonine inclusion levels (1.6, 2.2, 2.8, 3.4, 4.0% crude protein (CP)) and four replications was performed. The mixed diets were isonitrogenous (37% CP) and isocaloric (3400 kcal / kg estimated digestible energy). Juvenile jundiás (initial weight 4.47 ± 0.39 g and 8.16 ± 0.49 cm length) were subjected to 70 experimental days, fed three times a day until apparent satiation, and their consumption calculated on a daily basis. Water quality parameters levels were kept optimal for the specie. Every twenty one days biometry was performed to evaluate the parameters of weight, weight gain, specific growth rate and feed conversion ratio. Body composition, nutrients deposition, metabolic, and enzymatic parameters were evaluated at the beginning and end of the trial. The data were submitted to normality test, analysis of variance, polynomial regression, and segmented regression. Then was chosen the analysis that best fits the data by comparing the residual error. The parameters of hepatosomatic index, mineral matter, and CAA, were higher in treatment with 1.6% of threonine in the diet. Based on the biomass parameters, relative weight gain, specific growth rate, and total weight gain, the appropriate level of threonine for catfish in that weight stage is 2.45% of threonine of the gross protein in the diet.

Keywords: Nutrition. Amino acids. growth. Dose-response. Mixed diets

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Efeito do nível de treonina sobre a taxa de crescimento específico em juvenis de jundiás após 70 dias de experimento. Estimativa calculada usando modelo matemático da regressão polinomial (A) e regressão não-linear (B).....29
- Figura 2 - Ganho de peso dos juvenis de jundiá submetidos aos diferentes níveis de treonina na dieta por 70 dias experimentais. Estimativa calculada usando modelo matemático da regressão polinomial (A) e regressão não-linear (B).....30
- Figura 3 - Efeito dos níveis de treonina sobre o ganho de peso relativo dos peixes ao final dos 70 dias experimentais. Estimativa calculada usando modelo matemático da regressão polinomial (A) e regressão não-linear (B).....30
- Figura 4 - Influência dos níveis de treonina sobre a biomassa dos jundiás ao final dos 70 dias de experimento. Estimativa calculada usando modelo matemático da regressão polinomial (A) e regressão não-linear (B).....31
- Figura 5 - Efeito dos níveis de treonina sobre o ganho de peso relativo dos jundiás ao final dos 70 dias de experimento, através da análise da combinação dos modelos não linear e modelo quadrático.44
- Figura 6 - Taxa de crescimento específico dos jundiás ao final dos 70 dias de experimento, submetidos aos diferentes níveis de treonina, através da análise da combinação dos modelos não linear e modelo quadrático.45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Formulação das dietas experimentais (%)-----	23
Tabela 2 - Composição das dietas experimentais (%)-----	24
Tabela 3 – Comparativo das exigências em treonina para diferentes espécies de peixe-----	32
Tabela 4 - Dados de desempenho dos peixes aos 70 dias de experimento-----	34
Tabela 5 - Parâmetros de composição corporal e índices corporais dos peixes aos 70 dias de experimento-----	36
Tabela 6 - Parâmetros de rendimentos corporais dos jundiás alimentados com diferentes níveis de treonina por 70 dias de experimento-----	38
Tabela 7 - Variáveis plasmáticas dos peixes aos 70 dias de experimento -----	39
Tabela 8 – Resultados das análises metabólicas do fígado dos peixes alimentados com os diferentes níveis de treonina aos 70 dias de experimento -----	41

LISTA DE ABREVIATURAS

Aa	Aminoácidos totais
ALB	Albumina
ALT	Alanina aminotransferase
AST	Aspartato aminotransferase
BIOM	Biomassa
CAA	Conversão alimentar aparente
CDR	Consumo diário de ração
CRP	Coefficiente de retenção proteica
DGC	Deposição de gordura corporal
DPC	Deposição de proteína corporal
EB	Energia bruta
ED	Energia digestível
EM	Energia metabolizável
EE	Extrato etéreo
FC	Fator de condição
G	Gordura
Gcf	Gordura corporal final
Gci	Gordura corporal inicial
GP	Ganho de peso
GPT	Ganho em peso total
GPR	Ganho em peso relativo
GLIC	Glicose
ICS	Índice cefalossomático
IDS	Índice digestivo-somático
IGC	índice gordura celomática
IHS	Índice hepatossomático
lnPf	Logarítimo neperiano do peso final
lnPi	Logarítimo neperiano do peso inicial
MM	Matéria mineral
MS	Matéria seca
Pf	Peso final
Pi	Peso inicial
PB	Proteína bruta
PBcf	Proteína bruta corporal final
PBci	Proteína bruta corporal inicial
PBc	Proteína bruta consumida
PBd	Proteína bruta da dieta
PROT	Proteínas totais circulantes
QI	Quociente intestinal
RC	Rendimento de carcaça
SOB	Sobrevivência
TCE	Taxa de crescimento específico
TEP	Taxa de eficiência proteica
TGL	Triglicerídeos

SUMÁRIO

ABSTRACT	7
1. INTRODUÇÃO	Erro! Indicador não definido.
2. OBJETIVOS	13
2.1. Geral.....	13
2.2. Específicos.....	13
3. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO.....	14
3.1. Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	14
3.2. Exigências nutricionais	15
3.3. Proteínas e aminoácidos.....	16
3.4. Treonina	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Instalações experimentais e animais	21
4.2. Qualidade da água.....	21
4.3. Dietas experimentais.....	22
4.4. Tratamentos	24
4.5. Manejo experimental	25
4.6. Medidas avaliadas	25
4.6.1 Dados zootécnicos.....	25
4.6.2 Parâmetros corporais	26
4.6.3 Análises metabólicas	27
4.6.4 Delineamento experimental e análise estatística.....	28
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
6. CONCLUSÕES.....	42
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
8. BIBLIOGRAFIA	46

1. INTRODUÇÃO

A produção mundial da aquicultura em 2012 foi de 66,6 milhões de toneladas representando um crescimento de 7,42% em relação à produção de 2011, a produção brasileira no mesmo período alcançou a marca de 707,4 milhões de toneladas (FAO, 2014).

A maior parcela da produção aquícola nacional é oriunda da aquicultura continental, na qual se destaca a piscicultura que representou 86,6% da produção total em 2011, sendo a região sul a que assinalou a segunda maior produção no país, ficando atrás apenas da região noroeste e sendo responsável por 27,4% da produção nacional (MPA, 2013). Desta produção 25,99% é originária do Rio Grande do Sul, ocupando este a última posição em produção da região sul (MPA, 2013).

Na busca por fomentar o conhecimento e a produção das espécies de peixes nativos do estado, destaca-se o jundiá (*Rhamdia quelen*), visto sua adaptação às condições de baixas temperaturas no inverno do Rio Grande do Sul (BARCELLOS et al., 2004), permitindo o cultivo deste em todo ano e com boa aceitabilidade no mercado consumidor (RADÜNZ NETO e BORBA, 2012).

Porém, para que os peixes expressem todo seu potencial de desempenho em ganho de peso, é necessário que se atendam suas exigências em todos os nutrientes. Como a fração proteica de uma dieta é o constituinte que representa o maior custo na alimentação (MEYER e FRACALOSSI, 2004), deve-se dar enfoque na composição de aminoácidos na dieta, possibilitando a redução do nível de proteína bruta total e atendendo as exigências específicas em aminoácidos do peixe.

No entanto, dos aminoácidos essenciais ao jundiá (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina (PORTZ e FURUYA, 2012; WILSON, 2002)) tem-se conhecimento somente da lisina (MONTES-GIRAO e FRACALOSSI, 2006), da arginina (MASCHIO, 2013), da metionina (ROTILI, 2014) e da estimativa das exigências dos aminoácidos a partir da relação entre um aminoácido essencial (lisina) e a composição aminoacídica do músculo (MEYER e FRACALOSSI, 2005). Cabe salientar que alguns aminoácidos acabam se acumulando no corpo dos peixes, por exemplo: leucina, isoleucina, treonina e valina, cuja exigências acabam sendo superestimadas pelo conceito de proteína ideal (FRACALOSSI et al., 2012).

Dentre os aminoácidos essenciais ao jundiá que ainda não foram determinados seus requerimentos destaca-se a treonina, por ser um dos aminoácidos mais limitantes para peixes

depois da metionina e da lisina (KIDD et al., 1997; SILVA et al., 2006; SMALL e SOARES, 1999), sendo o primeiro aminoácido limitante na produção de imunoglobulina G (AJINOMOTO, 2003) e mucina, sintetizada em grande quantidade pelos peixes em seu tubo digestivo e para o recobrimento da pele (SILVA et al., 2006).

Este revestimento de muco do intestino o protege da ação de bactérias, autodigestão, toxinas e abrasão física (LAW et al., 2000; FAURE et al., 2005), é secretado pelas células caliciformes, sendo constituído por 95% de água e 5% de mucinas (CORFIELD et al., 2001), na qual a treonina representa 40% do resíduo de proteína na molécula (CALRSTEDT et al., 1993).

A suplementação de treonina nas dietas é possível por meio da sua forma isolada (L-treonina pura) que é 100% digestível e está disponível comercialmente, oferecendo maior flexibilidade na formulação de dietas. Depois da lisina e da metionina, a treonina é considerada o terceiro aminoácido limitante em ingredientes práticos, especialmente no farelo de soja e milho usados para formulação de dietas para peixes (SMALL e SOARES, 1999).

Desta forma, o estudo do requerimento deste aminoácido para o jundiá é de vital importância para o aperfeiçoamento das dietas para esta espécie possibilitando a máxima expressão do seu potencial de crescimento.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Estimar a exigência de treonina para jundiás (*Rhamdia quelen*) na fase inicial.

2.2. Específicos

- Quantificar o desempenho dos peixes alimentados nos diferentes níveis de treonina;
- Avaliar a deposição de proteína e lipídios corporais dos animais nos diferentes tratamentos;
- Analisar as respostas metabólicas e bioquímicas dos jundiás submetidos aos diferentes níveis de treonina;
- Quantificar parâmetros corporais dos juvenis de jundiá submetidos aos diferentes níveis de treonina.

3. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

3.1. Jundiá (*Rhamdia quelen*)

O jundiá é encontrado do sudeste do México, ao norte, e centro da Argentina (BALDISSEROTTO et al., 2013). Stingelin *et al.* (1998), enfatizaram aspectos morfológicos do gênero *Rhamdia*: peixe de couro, corpo alongado e crânio achatado, boca grande sem a presença de dentes com três pares de barbilhões sensitivos. A coloração do corpo varia de marrom avermelhado claro a cinza escuro. São encontrados nos diferentes biótipos, habitando lagunas, poços e fundos de rios, com preferência aos ambientes de águas calmas.

Apresenta carne de excelente sabor e qualidade, não apresenta espinhos intramusculares por isso tem uma ótima aceitação do mercado consumidor (KUBOTA e EMANUELLI, 2004; LAZZARI et al., 2006), apresenta desenvolvimento rápido inclusive nos meses mais frios e rusticidade adaptando-se facilmente ao manejo, tolerando baixos níveis de oxigênio na água, sendo que seu conforto térmico está entre 18 e 28° C (CARNEIRO et al., 2002; FRACALOSSO et al., 2002). No Brasil a produção desta espécie aumentou 37,12% entre 2010 e 2011, chegando a 1747,3 toneladas (MPA, 2013).

Oliveira Filho e Fracalossi (2006) avaliaram o coeficiente de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá e destacaram que, apesar da espécie ser onívora, tem grande capacidade de digerir alimentos protéicos e, relativa dificuldade de digerir alimentos energéticos, sugerindo, que esta espécie é onívora com tendência à carnívora. No entanto aceita rações comerciais desde a fase larval (CARNEIRO, 2004; PIAIA e RADÜNZ NETO, 1997).

Diversos estudos têm buscado elucidar as exigências do jundiá, para a proteína bruta, Coldebella e Radünz Neto (2002) estimaram entre 32 e 36%; enquanto Salhi et al. (2004), testando níveis para jundiás na fase inicial de desenvolvimento estimaram a exigência proteica bruta em 37%, e relação energia:proteína de 8,8 Kcal/g. Outros trabalhos buscaram estimar suas necessidades em aminoácidos essenciais: com lisina (MONTES-GIRAO e FRACALOSSO, 2006), arginina (MASCHIO, 2013), metionina (ROTILI, 2014) e a estimativa das exigências a partir da relação entre um aminoácido essencial (lisina) e a composição aminoacídica do músculo de jundiás (MEYER e FRACALOSSO, 2005)

Seus aspectos produtivos aliado as características que lhe conferem boa aceitabilidade no mercado consumidor fazem deste peixe uma espécie de grande interesse para a piscicultura.

3.2. Exigências nutricionais

Sakomura e Rostagno (2007) definem a exigência de um nutriente como a quantidade deste que deve ser fornecida para atender as necessidades de um animal em um ambiente compatível com a boa saúde. Segundo os mesmos autores, estas necessidades do animal podem ser interpretadas como a quantidade de um nutriente para atender determinado nível de produção.

Para se obter bons índices de produção para qualquer espécie deve-se dar atenção especial à nutrição, visto que a alimentação assume importância fundamental no desempenho econômico da aquicultura, sendo responsável por mais de 50% do custo desta atividade (TEIXEIRA et al., 2008; ABIDI e KHRAN, 2008; PORTZ e FURUYA, 2012).

Os nutrientes necessários pelos peixes para crescimento, reprodução e outras funções fisiológicas normais são semelhantes aos exigidos pelos animais terrestres. Eles precisam consumir proteínas, minerais, vitaminas e fontes de energia (LOVELL, 1991). A proteína é o macronutriente da dieta cuja exigência é priorizada em estudos de exigência nutricional, seja porque representa o maior custo da alimentação dos peixes, ou porque afeta grandemente o ganho de peso (MEYER e FRACALLOSSI, 2004).

Porém, deve-se atentar para a sua relação com a energia, visto que em dietas cuja relação proteína/energia é baixa, promove a ingestão de uma quantidade baixa de proteína, comprometendo o ganho de peso e promovendo acúmulo de gordura corporal. Por outro lado, quando esta relação é alta, o excesso de proteínas é utilizado como energia, aumentando o custo da alimentação e excreção de amônia, que pode deteriorar a qualidade da água (MEYER e FRACALLOSSI, 2004).

Para as estimativas de exigências dos peixes diversos métodos podem ser empregados, entre eles destaca-se: método de dose-resposta, concentração de aminoácidos livres no plasma ou tecidos e pelo conceito de proteína ideal, porém segundo Fracalossi et al. (2012) em estudos de exigências de aminoácidos a utilização do conceito de proteína ideal pode superestimar as exigências quando se estuda aminoácidos que tendem a se acumular no corpo do peixe (leucina, isoleucina, treonina e valina).

3.3. Proteínas e aminoácidos

A proteína é o nutriente de máxima importância para o animal em crescimento. Os teores adequados de proteína e do perfil de aminoácidos na dieta proporcionam a melhor utilização dos nutrientes e conseqüentemente o melhor desempenho aos peixes (HAYASHI et al., 2002; FURUYA et al., 2004). Os peixes não possuem exigência verdadeira em proteína, mas de rações com quantidades e proporções adequadas de aminoácidos essenciais. Assim como os demais animais, os peixes exigem rações com valores adequados de arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina (PORTZ e FURUYA, 2012; WILSON, 2002).

As principais funções metabólicas dos aminoácidos são manutenção e formação dos tecidos, dos hormônios, das enzimas e dos anticorpos. Também atuam no transporte de minerais utilizados na síntese protéica e/ou em compostos nitrogenados essenciais para o metabolismo durante o processo de crescimento e o processo de reprodução, ou ainda podem ser utilizados como fonte de energia (MILLWARD, 1989). Segundo o mesmo autor, dietas com insuficiência de proteínas e aminoácidos podem reduzir o crescimento, a eficiência alimentar, ou ainda, a imunodepressão, mobilizando a proteína de alguns tecidos para a manutenção de funções vitais. Por outro lado, dieta com excesso de proteína, esta será utilizada em parte para a formação de tecido muscular e crescimento e o restante convertido em energia.

Em peixes, a exemplo do que ocorre com outros vertebrados, a lisina é considerada o primeiro aminoácido limitante na síntese proteica (FORSTER e OGATA, 1998; SMALL e SOARES, 2000; ABOUDI et al., 2006). A maioria das espécies de peixes estudadas apresentam exigências semelhantes de lisina, cerca de 4 a 5% da proteína da dieta (WILSON, 2002). E para que não sejam fornecidos níveis excessivos deste nutriente é de fundamental importância determinar as exigências proteicas dos peixes para cada fase da criação (FURUYA et al., 1996). Pois, sabe-se que além da fase de desenvolvimento dos peixes, muitos outros fatores podem ter influência nas necessidades proteicas, entre eles, se destacam a temperatura da água, tamanho do peixe, nível de arraçamento, qualidade da proteína utilizada e, a participação de fontes energéticas não-proteicas (ROBINSON e WILSON,

1985). Devido a isso, na avaliação das exigências em aminoácidos para as diversas espécies animais devemos considerar fatores como espécie, idade e taxa de crescimento dos peixes. O tamanho e idade dos peixes também é fator que influencia na exigência em aminoácidos, onde peixes mais jovens apresentam maior exigência em proteína (aminoácidos) quando comparados com peixes mais velhos, devido às diferenças na taxa de retenção e deposição de proteína (FURUYA et al., 2004).

As fontes energéticas não proteicas são de grande importância, pois as concentrações de proteína e energia para os peixes devem estar balanceadas para bom desempenho dos animais (ELLIS e REIGH, 1991).

Alguns autores utilizam para a estimativa das necessidades aminoacídicas, o conceito de proteína ideal, atribui-se um valor de 100% a um aminoácido referência (lisina) e mantém-se uma relação entre este aminoácido e os demais, seguindo a relação encontrada entre eles no músculo deste animal (TEIXEIRA et al., 2008). Porém, em pesquisas realizadas com truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) (RUDEHUTSCORD et al., 1997; GREEN e HARDY, 2002) e com salmão-do-atlântico (*Salmo salar* L.) (ROLLIN et al., 2003), demonstraram que o uso do perfil aminoacídico corporal pode não ser indicativo do padrão ideal proteico que o peixe necessita.

Em função disto, diversos pesquisadores (GREEN e HARDY, 2002; ROLLIN et al., 2003; BOISEN, 2003) recomendam que a estimativa do perfil aminoacídico dietético ideal para peixes seja realizada por meio de ensaios de dose-resposta.

Existem poucos estudos em exigência aminoacídica para o jundiá, onde segundo Montes-Girao e Fracalossi (2006) a exigência em lisina vai de 4,5 a 5,1% da proteína da dieta, arginina 4,6 % da proteína da dieta quando utilizado nível de 5,1% de lisina (MASCHIO, 2013) e metionina de 3,6% da proteína da dieta (ROTILI, 2014). Para os demais aminoácidos Meyer e Fracalossi (2005) fizeram a estimativa das exigências a partir da relação entre um aminoácido essencial (lisina) e a composição aminoacídica do músculo de jundiás, porém alguns aminoácidos acabam se acumulando no corpo dos peixes: leucina, isoleucina, treonina e valina, cuja exigências pelo conceito de proteína ideal acaba sendo superestimada (FRACALOSSO et al., 2012).

Muitos valores usados na formulação de rações para o jundiá são baseados naqueles dados conhecidos para a exigência em bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) (RADÜNZ NETO, 2004) que é uma espécie próxima do jundiá.

Estudos sobre exigências nutricionais das espécies aquáticas, visando diminuir o custo dos alimentos e otimizar sua utilização, têm se tornado indispensáveis para o desenvolvimento

da aquicultura (MUÑOZ-RAMÍREZ e CARNEIRO, 2002). O desenvolvimento de rações de alto valor nutricional, economicamente viáveis e ambientalmente corretas, depende do conhecimento das exigências nutricionais em aminoácidos (TEIXEIRA et al., 2008).

3.4. Treonina

A treonina é um aminoácido essencial, indispensável para o crescimento normal dos peixes, pois participa da síntese proteica e outras funções metabólicas, sendo o último dos aminoácidos a ser descoberto, em 1938, recebendo este nome devido a sua estrutura química ter semelhança com a treose (NELSON e COX, 2011). É classificada como não-carregada, porém polar, assim como a cistina, metionina, glutamina e serina. Conferindo-lhe ser mais solúvel em água, ou hidrofílica, pois forma pontes de hidrogênio com a água (LEHNINGER et al, 2004).

Segundo Lehninger et al. (2004), as células podem sintetizar especificamente os isômeros L dos aminoácidos, porque os sítios ativos das enzimas são assimétricos, o que leva à estereoespecificidade das reações por eles catalisadas. Assim apesar da treonina possuir isômeros D e L-treonina, os animais podem apenas utilizar a L-treonina (KIDD et al., 2005).

Além de ser um aminoácido glicogênico e cetogênico, que permite a biossíntese de importantes intermediários metabólicos, é também precursora de aminoácidos não essenciais como a glicina e serina. E ao contrário da maioria dos aminoácidos, com a treonina não ocorre o processo de transaminação em que o grupo α -amino é transferido para o carbono α -cetoglutarato formando o α -cetoácido correspondente (DAVIS e AUSTIC, 1982).

No fígado, a treonina é desaminada e o grupo α -amino é separado do esqueleto carbonado, assumindo vias metabólicas distintas (DAVIS e AUSTIC, 1982); uma via leva ao succinil-CoA, seja diretamente, ou através do piruvato, e outra a glicina (LEHNINGER et al, 2004).

Além dos aminoácidos sulfurosos e a lisina, a treonina é um dos aminoácidos mais limitantes em rações para peixes. É o primeiro aminoácido limitante para a produção de imunoglobulinas e mucina, sintetizada em grande quantidade pelos peixes em seu tubo digestivo e para o recobrimento da pele (SILVA et al., 2006), sendo que para suínos 60% da treonina da dieta é catabolizada pela mucosa intestinal, duas vezes mais que o verificado para

lisina, isso porque a treonina atua diretamente na integridade e no desenvolvimento do intestino (STOLL et al., 1998).

As secreções digestivas, entre elas o muco, são compostas principalmente de água (95%) e mucinas (5%) (BISINOTO et al., 2007), que são glicoproteínas de alto peso molecular, nas quais a treonina representa 40% do resíduo de proteína na molécula (CALRSTEDT et al., 1993).

Como o crescimento dos segmentos do trato digestivo não acompanha o crescimento corporal na mesma proporção, alguns aminoácidos podem ter suas necessidades alteradas ao longo do período de crescimento, uma vez que com o avanço do peso e da idade dos animais, as exigências para manutenção são maiores do que para deposição proteica (FULLER et al., 1989).

Um desses aminoácidos é a treonina que, além de ser um importante componente da mucina, também é utilizado na síntese proteica e desempenha um papel fundamental nos mecanismos de reparação dos tecidos da mucosa intestinal, (REEDS et al., 2000; PEDERSEN et al., 2002), assim a exigência de treonina em relação a lisina aumenta com o crescimento do animal (BERTECHINI, 2006).

Do mesmo modo que as mucinas, os anticorpos são glicoproteínas globulares que contêm alto nível de treonina, sendo provavelmente o primeiro aminoácido limitante para a produção de imunoglobulinas G (AJINOMOTO, 2003).

A L-treonina pura é 100% digestível e está disponível comercialmente, oferecendo maior flexibilidade na formulação de dietas. Sua suplementação permite menor inclusão de alimentos protéicos, acarretando menores níveis de excreção de nitrogênio e poluição ambiental (UMIGI et al., 2007).

Existem poucos estudos envolvendo a determinação da exigência de treonina para peixes. Em estudos com juvenis de bagre do canal Wilson et al. (1978) encontraram valores de 0,53% de treonina na ração (2,21% da PB); de 1,05% (3,75% da PB) para tilápia-do-nilo (SANTIAGO e LOVELL, 1988); de 1,80% (4,50% da PB) para o *milkfish* (*Chanos chanos*) (BORLOGAN, 1991); e de 1,98% (4,95% da PB) para a *catla* (*Catla catla*) (RAVI e DEVARAJ, 1991).

Esses autores observaram que o fornecimento de rações deficientes em treonina ocasionou diminuição no consumo de ração e no crescimento, piora na conversão alimentar e redução na retenção de nitrogênio. A dificuldade de oxidação do excesso desse aminoácido e a redução da secreção de serotonina no cérebro, decorrente do aumento da concentração de

treonina podem induzir a menor ingestão de alimentos e, portanto, devem ser consideradas para se evitar a redução no desempenho (HENRY e SÉVE, 1993).

Segundo Riegel (2001) um excesso ou deficiência de aminoácidos, pode levar os animais a utilizar proteína para obter energia bem como, comprometer a síntese de proteínas; o mesmo autor cita ainda que esse desequilíbrio de um ou mais aminoácidos pode ser interpretado metabolicamente através do aumento na atividade da enzima aspartato aminotransferase (AST), visto que qualquer lesão hepática liberará maior quantidades desta enzima para a corrente sanguínea, elevando os níveis séricos destas (OLSEN et al., 2008), apontando a relevância da determinação dos parâmetros metabólitos dos animais para diagnóstico da sua integridade metabólica.

Atualmente para formulação de rações para o jundiá temos a disposição duas alternativas quanto ao requerimento em treonina: seguir as informações estimadas por Meyer e Fracalossi (2005) através da estimativa da exigência de treonina a partir da relação entre um aminoácido essencial (lisina) e a composição aminoacídica do músculo ou seguir as exigências do Bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) segundo NRC (2011), sendo esta uma espécie similar ao jundiá. Sabendo que, independente da opção escolhida acima teremos erros e que a proteína é o constituinte mais oneroso da dieta, a determinação do requerimento de treonina é essencial para a adequada suplementação de aminoácidos e/ou a combinação de ingredientes visando ao melhor balanceamento de aminoácidos e, conseqüentemente, ao maior desempenho produtivo dos peixes (SILVA et al., 2006).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Instalações experimentais e animais

O experimento foi conduzido no Laboratório de Piscicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria (altitude 95 m, 29°43' S, 53°42' W), durante dez semanas, no período de 28 de dezembro de 2013 a 22 de março de 2014.

Utilizou-se 400 juvenis de jundiá com peso médio de $4,47 \pm 0,39$ g e comprimento médio de $8,16 \pm 0,49$ cm; provenientes da piscicultura da Universidade de Passo Fundo (UPF, RS). Foi realizada adaptação dos animais às unidades experimentais, durante 10 dias, sendo estes alimentados com ração comercial com 36% de proteína bruta. Foram distribuídos 20 animais por unidade experimental, em densidade inicial de 1,28g de peixe/litro.

O sistema de recirculação de água utilizado era composto por 20 caixas d'água de polietileno (volume útil de 70 litros), onde cada caixa foi considerada uma unidade experimental.

Cada unidade experimental possuía um sistema individual de abastecimento, escoamento e aeração, conectados a um decantador, dois filtros biológicos, sendo um deles equipado com duas resistências (2000 W) controladas por termostatos para a manutenção da temperatura da água; a vazão em cada caixa foi mantida em 2 L/min.

4.2. Qualidade da água

A qualidade da água do sistema foi aferida duas vezes ao dia (temperatura e oxigênio) e semanalmente (demais parâmetros), obtendo-se os seguintes valores médios: temperatura 25,6°C; oxigênio dissolvido 5,8 mg/L; pH 7,0; amônia total 0,15 mg/L; nitrito 0,00 mg/L; alcalinidade 31,9 mg/L CaCO₃; dureza total 22,0 mg/L CaCO₃. Mantendo-se todos os parâmetros na faixa adequada para o jundiá (BALDISSEROTTO e SILVA, 2004).

4.3. Dietas experimentais

Para formulação das dietas foi determinada a composição centesimal dos ingredientes: matéria seca, matéria mineral e proteína bruta (6,25 N) (AOAC, 1995), a gordura foi extraída e quantificada pelo método de Bligh-Dyer (1959), e além destes o perfil de aminoácidos através de cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) que foi realizado no Laboratório de Fontes Proteicas da Universidade de Campinas (UNICAMP). Para o cálculo de energia digestível dos ingredientes foi utilizado os coeficientes de digestibilidade encontrados por Rotili (2014).

As dietas (Tabela 1) foram formuladas para conter 37% PB e 3400 kcal/kg de ED estimada conforme Salhi et al. (2004), atender o nível de lisina segundo Montes-Girao e Fracalossi (2006), o nível de metionina segundo Rotili (2014), o nível de arginina segundo Maschio (2013), e os demais aminoácidos essenciais seguindo as exigências do Bagre do canal (*Ictalurus punctatus*) segundo NRC (2011). Para tanto foi formulada a dieta basal de modo que não ultrapassasse o nível mínimo de treonina, ajustando o teor de proteína com a adição de premix aminoacídico, o qual era isento de treonina, metionina e lisina.

Depois de misturado os ingredientes, o pH de todas as dietas foi ajustado para 7 usando uma solução de NaOH 6 N (WILSON et al., 1977), de modo que a variação de pH entre as dietas não influenciasse o consumo de ração. Após, as dietas foram peletizadas e secas em estufa a 50°C por 24 horas e armazenadas em freezer até o fornecimento aos animais.

A adição de L-Treonina nos tratamentos com maiores níveis de treonina foi realizada reduzindo a inclusão de L-glutamina, um aminoácido não essencial, seguindo metodologia utilizada por Tibaldi e Tulli (1999), Bomfim et al. (2008) e Rotili (2014).

Visto que dietas purificadas na maioria das vezes são pouco palatáveis para peixes, reduzindo o consumo e o ganho de peso (COLDEBELLA e RADÜNZ NETO, 2002; NRC, 2011), e que a utilização de dietas semipurificadas nos estudos sobre exigências para jundiás é recomendada por Corrêa (2013), foram adicionados 5,5% de farinha de peixe (jundiá) nas dietas.

A farinha utilizada foi fabricada no próprio laboratório seguindo metodologia descrita por Rossato et al. (2013), utilizando animais abaixo do peso comercial, da qual foi determinado a composição centesimal e aminoacídica.

Tabela 1 - Formulação das dietas experimentais (%)

Ingredientes (%)	Nível de treonina (% PB)				
	1,6	2,2	2,8	3,4	4,0
Caseína	7,45	7,45	7,45	7,45	7,45
Farinha de peixe (jundiá)	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5
Gelatina	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1
Celulose	8,24	8,24	8,24	8,24	8,24
Maltodextrina	29	29	29	29	29
Óleo de canola	5	5	5	5	5
¹ Premix vit. e mineral	3	3	3	3	3
Fosfato bicálcico	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
Sal	1	1	1	1	1
DL-Metionina	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
L-Lisina	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Calcário calcítico	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
² Melbond	2	2	2	2	2
BHT	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
L-Glutamina	3,08	2,86	2,64	2,42	2,2
³ L-Treonina	0	0,22	0,44	0,66	0,88
⁴ Premix aminoacídico	20,16	20,16	20,16	20,16	20,16

¹Premix vitamínica e mineral (Mig Fish 1% de inclusão): ácido fólico 250 mg; ácido pantotênico 5.000 mg; antioxidante 0,60 g; biotina 125 mg; cobalto 25 mg; cobre 2.000 mg; ferro 820 mg; iodo 100 mg; manganês 3.750 mg; niacina 5.000 mg; selênio 75 mg; vitamina A 1.000.000 UI; vitamina B1 1.250 mg; vitamina B2 2.500 mg; vitamina B6 2.485 mg; vitamina B12 3.750 µg; vitamina C 28.000 mg; vitamina D3 500.000 UI; vitamina E 20.000 UI; vitamina K 5000 mg; zinco 17.500 mg. Mig Plus[®], Casca/RS.

²Lignosulfonato de cálcio e magnésio (Aglutinante e palatabilizante) – Ligno Tech Brasil[®], São Paulo/SP.

³L-Threonine: Pharmanostra[®]

⁴Premix de aminoácidos (% PB): L-Alanina 6,76; L-Arginina 2,25; L-Fenilalanina 6,53; L-Glicina 7,35; L-Histidina 3,29; L-Isoleucina 6,60; L-Prolina 5,84; L-Serina 8,04; L-Tirosina 5,12; L-Triptofano 6,89; L-Valina 7,29, L-leucina 10,0 e Celulose 24,04.

Tabela 2 - Composição das dietas experimentais (%)

Nutrientes	Níveis de treonina (% PB)				
	1,6	2,2	2,8	3,4	4,0
Proteína Bruta	38,65	37,56	38,15	38,93	37,36
Energia Digestível (Kcal/Kg) ¹	3,400	3,400	3,400	3,400	3,400
Umidade	8,02	8,64	7,95	8,81	8,26
Cinzas	8,49	8,68	8,66	8,48	8,53
Gordura	5,10	5,26	5,19	5,07	5,23
Fibra Bruta	14,47	14,47	14,47	14,47	14,47
Cálcio ¹	1,85	1,85	1,85	1,85	1,85
Fósforo ¹	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97

Composição aminoacídica das dietas experimentais (% da dieta) ¹

Lisina	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89
Metionina	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Arginina	1,67	1,67	1,67	1,67	1,67
Treonina	0,59	0,81	1,03	1,25	1,47
Triptofano	1,48	1,48	1,48	1,48	1,48
Histidina	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Fenilalanina	2,12	2,12	2,12	2,12	2,12
Valina	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38
Isoleucina	2,05	2,05	2,05	2,05	2,05
Leucina	3,31	3,31	3,31	3,31	3,31
Alanina	2,63	2,63	2,63	2,63	2,63
Prolina	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
Serina	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Tirosina	1,66	1,66	1,66	1,66	1,66
Glutamina	5,84	5,62	5,40	5,18	4,96

¹ Determinado com base nas análises dos ingredientes

4.4. Tratamentos

Foram avaliados cinco níveis de inclusão de treonina (1,6; 2,2; 2,8; 3,4; 4,0% da proteína bruta) em quatro repetições, tendo como referência os requerimentos para o Bagre norte americano (*Ictalurus punctatus*) de 2,21 % da proteína da dieta ou 0,53% da dieta (WILSON et al., 1978) e o nível de 3,0% da proteína bruta da dieta estimado através da composição muscular encontrado por Meyer e Fracalossi (2005), visando estimar o requerimento deste aminoácido para o jundiá (*Rhamdia quelen*).

4.5. Manejo experimental

Os animais foram alimentados três vezes ao dia (8:00, 13:30 e 18:00 horas), até a saciedade aparente. Diariamente duas vezes ao dia as caixas foram sifonadas para retirada de sobras de ração e fezes dos animais. A cada três semanas foram realizadas biometrias ou biomassas para avaliar o crescimento dos peixes.

Antecedendo os manejos, os peixes permaneceram em jejum de 12 horas para que sobras de alimento no trato gastrintestinal não influenciassem nos dados coletados, após este, os animais eram anestesiados com benzocaína (30mg/L).

4.6. Medidas avaliadas

4.6.1 Dados zootécnicos

Semanalmente foi pesada a ração a ser ofertada aos animais, e assim estimado o consumo diário de ração (CDR). Nas biometrias/biomassas os animais eram anestesiados, pesados e medidos para a obtenção dos seguintes dados:

- Peso: peso do peixe inteiro (g);
- Comprimentos padrão e total (cm): medida da extremidade da cabeça até a inserção da nadadeira caudal e até o final da nadadeira caudal, respectivamente;
- Sobrevivência (%);
- Biomassa total (Kg);
- Ganho de peso total (g): $GPT = (\text{peso final} - \text{peso inicial})$;
- Ganho de peso relativo (%): $GPR = (\text{ganho de peso total} * 100) / \text{peso inicial}$;
- Fator de condição: $FC = (\text{Peso} * 100) / (\text{Comprimento total}^3)$;
- Taxa de crescimento específico (%/dia): $TCE = (\ln(\text{peso final}) - \ln(\text{peso inicial})) / \text{dias}$
*100;

-Conversão alimentar aparente (Kg/Kg): $CAA = (\text{consumo total}) / (\text{biomassa final} - \text{biomassa inicial})$;

No início e ao final do período experimental, 3 peixes/caixa (12 peixes/tratamento) foram anestesiados e abatidos por “overdose” de benzocaína (≥ 250 mg/L) (AVMA, 2013), e eviscerados para se obter dados sobre o peso de carcaça, peso de trato digestivo, comprimento de trato digestivo e peso de fígado. A partir destes resultados foram calculados os seguintes parâmetros:

-Rendimento de carcaça (%): $RC = ((\text{peso eviscerado com cabeça e brânquias}) / (\text{peso peixe inteiro})) * 100$;

- Índice digestivo-somático (%): $IDS = (\text{peso trato digestório} / \text{peso peixe inteiro}) * 100$;

- Índice hepatossomático (%): $IHS = (\text{peso fígado} / \text{peso peixe inteiro}) * 100$;

-Índice de gordura celomática (%): $IGC = (\text{peso da gordura celomática} / \text{peso peixe inteiro}) * 100$;

- Quociente intestinal: $QI = (\text{comprimento do trato digestório} / \text{comprimento total do peixe})$.

4.6.2 Parâmetros corporais

No início do experimento uma amostra de 20 peixes foi recolhida para análises centesimais. Ao término do período experimental, 8 peixes por tratamento foram coletados, abatidos por overdose de benzocaína (≥ 250 mg/L) (AVMA, 2013), e analisados quanto à umidade, cinzas e proteína bruta, seguindo metodologias recomendadas pela AOAC (1995), bem como, quanto à gordura (extraída e quantificada pelo método de Bligh-Dyer (1959)). A partir dos resultados de proteína e gordura foram calculados os índices de deposição de proteína e deposição gordura corporal.

-Deposição de proteína corporal (g):

$$DPC = [Pf * (\%PBcf / 100)] - [Pi * (\%PBci / 100)];$$

- Deposição de gordura corporal (g):

$$DGC = [Pf * (\%Gcf/100)] - [Pi * (\%Gci / 100)];$$

-Coeficiente de retenção proteica: $(CRP) = (100 * ((Pf (g) * PBcf) - (Pi (g) * PBci))) / (\text{consumo ração} * PBd)$.

Onde: PBci: proteína bruta corporal inicial; PBcf: proteína bruta corporal final; Gci: gordura corporal inicial; Gcf: gordura corporal final; Pf: peso final; Pi: peso inicial e PBd: proteína bruta da dieta.

-Taxa de eficiência proteica:

(TEP) = ganho em peso / quantidade de proteína consumida.

4.6.3 Análises metabólicas

No final do período experimental foram coletadas amostras de sangue de dois peixes por caixa (8 por tratamento), através de punção na veia caudal, utilizando seringas heparinizadas. O sangue foi centrifugado para a obtenção do soro, no qual determinou-se o nível de aminoácidos totais (SPIES, 1957), glicose, proteínas totais circulantes, albumina e triglicerídeos utilizando-se kits colorimétricos comerciais.

Para coleta de fígado, dois peixes por caixa foram abatidos por overdose de benzocaína (≥ 250 mg/L) (AVMA, 2013), as amostras de fígado (25 mg) foram homogeneizadas em ácido tricloroacético (TCA 10%) e centrifugadas a 3500 rpm por 10 minutos para separação das proteínas. Neste extrato foram quantificadas glicose (PARK e JOHNSON, 1949) e amônia (VERDOUW et al., 1978).

Para análise de proteínas totais (BRADFORD, 1976), amostras de tecido hepático (25 mg) foram aquecidas a 100 °C com KOH e após centrifugadas a 3500 rpm por 10 minutos. Para determinação de glicogênio (BIDINOTTO et al., 1997), ainda adicionou-se álcool etílico para a hidrólise e precipitação do glicogênio. Para quantificação de aminoácidos (SPIES, 1957) e transaminases – aspartato aminotransferase (AST) e alanino aminotransferase (ALT), uma amostra de 50 mg de fígado foi homogeneizada em tampão (TFK 20 mM) e centrifugada a 3500 rpm por 10 minutos, e posteriormente foi realizada a leitura de absorção em espectrofotômetro.

4.6.4 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 5 tratamentos (níveis) e 4 repetições.

O pacote estatístico utilizado foi o SAS (2013), onde inicialmente os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk, sendo considerados de distribuição normal aqueles dados que apresentaram $P > 0,05$. Os dados que não se enquadraram em tal distribuição, foram submetidos às transformações, quando este procedimento não ajustava os dados na distribuição normal, era feita detecção das observações influentes (outliers), através da análise dos resíduos padronizados de student para a distribuição $Z \mid z_i \mid$; caso o valor de $\mid z_i \mid$ fosse maior que 2 ou menor que -2, foi considerado outlier.

Os dados metabólicos que necessitaram de transformação foram: amônia (log), TGO e TGP (sqrt), glicose (eliminação de um dado outlier); nos dados sanguíneos: proteínas totais circulantes (log) e glicose (sqrt) necessitaram de transformação, já nos dados de rendimento apenas o índice digestivo somático (1/Y) necessitou de transformação.

Foram testadas as análises de regressão polinomial para o nível de inclusão do aminoácido testado em nível de 5% de significância, quando mais de um modelo de regressão era significativo, optando-se pelo uso do modelo com maior coeficiente de determinação (R^2). Quando a análise de regressão não apresentou significância os dados foram submetidos a comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

A análise de regressão não-linear foi utilizada para os parâmetros de ganho de peso relativo, ganho de peso total, taxa de crescimento específico e biomassa para determinar o nível ótimo de treonina para o jundiá.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do jundiá foi influenciado pela suplementação de treonina na dieta, confirmando sua essencialidade para esta espécie de peixe. Utilizando-se a análise de regressão que apresentou maior coeficiente de determinação (R^2), que em todos os casos foi a regressão não-linear, estimando a exigência em treonina em 2,37% da PB quando utilizado como base a taxa de crescimento específico (Figura 1), e 2,45% da PB, com base no ganho de peso total (Figura 2), ganho de peso relativo (Figura 3) e biomassa (Figura 4).

Segundo Dairiki et al. (2007), o modelo de regressão não linear permite determinar o nível mínimo do nutriente exigido para o máximo desempenho com acurácia e precisão. Através da regressão segmentada obtêm-se exigências mais coerentes, quando comparados a outros modelos, os quais podem superestimar os valores encontrados (PORTZ et al., 2000).

Segundo Portz et al. (2000), o crescimento está relacionado ao aumento de peso corporal aliado ao desenvolvimento progressivo do peixe. Sendo, desta forma, o ganho de peso o melhor parâmetro para avaliar a adequação nutricional de uma dieta.

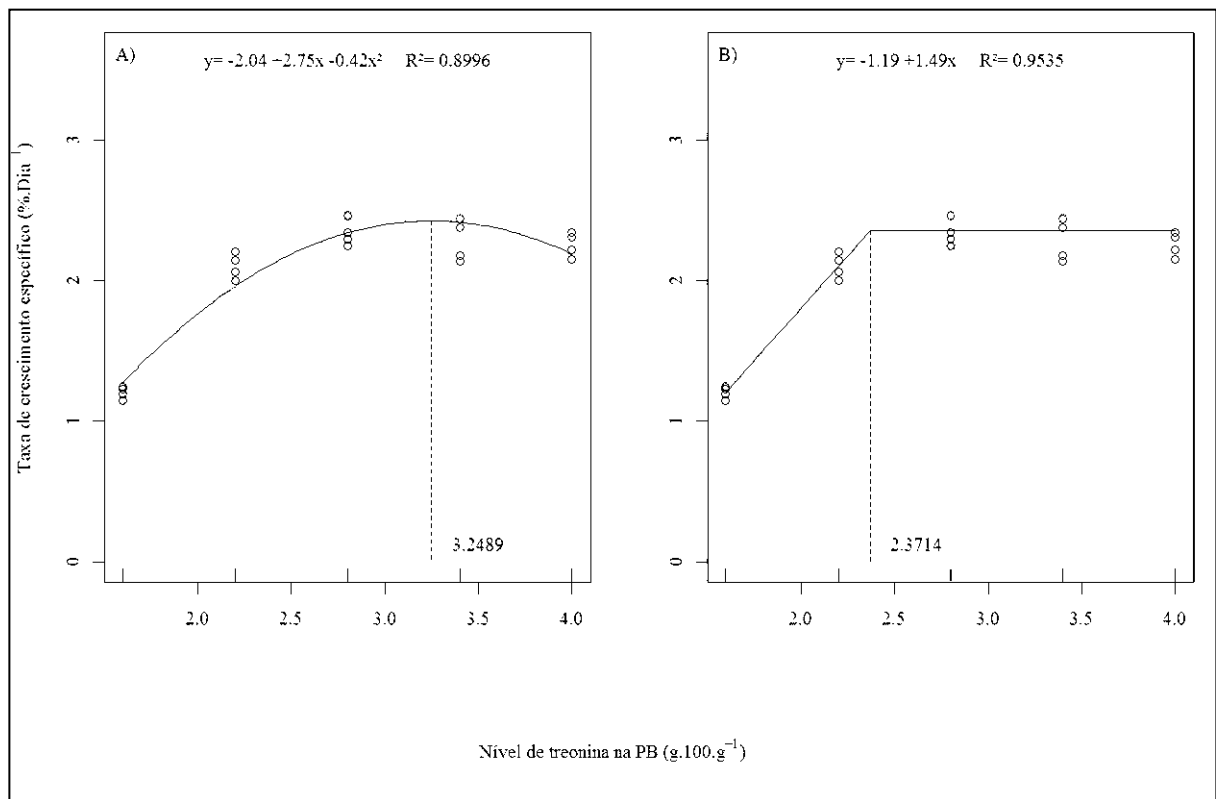


Figura 1 - Efeito do nível de treonina sobre a taxa de crescimento específico em juvenis de jundiás após 70 dias de experimento. Estimativa calculada usando modelo matemático da regressão polinomial (A) e regressão não-linear (B).

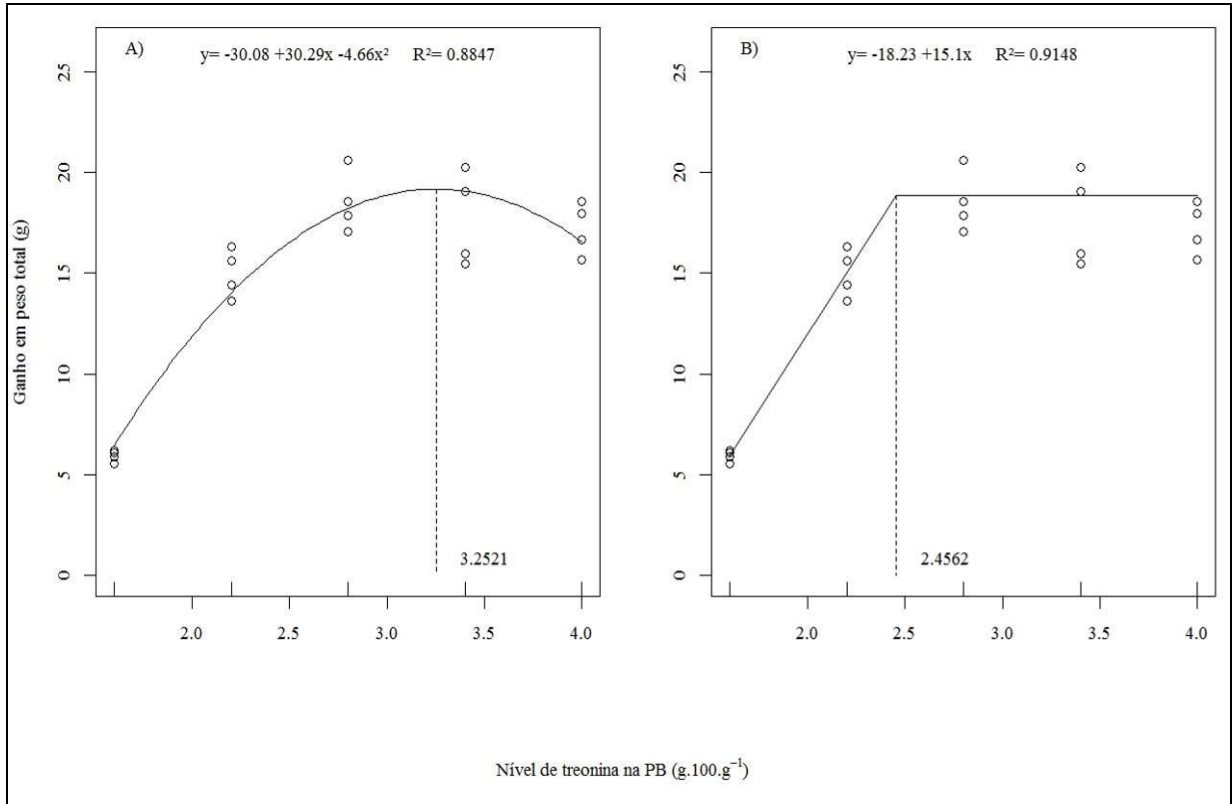


Figura 2 - Ganho de peso dos juvenis de jundiá submetidos aos diferentes níveis de treonina na dieta por 70 dias experimentais. Estimativa calculada usando modelo matemático da regressão polinomial (A) e regressão não-linear (B).

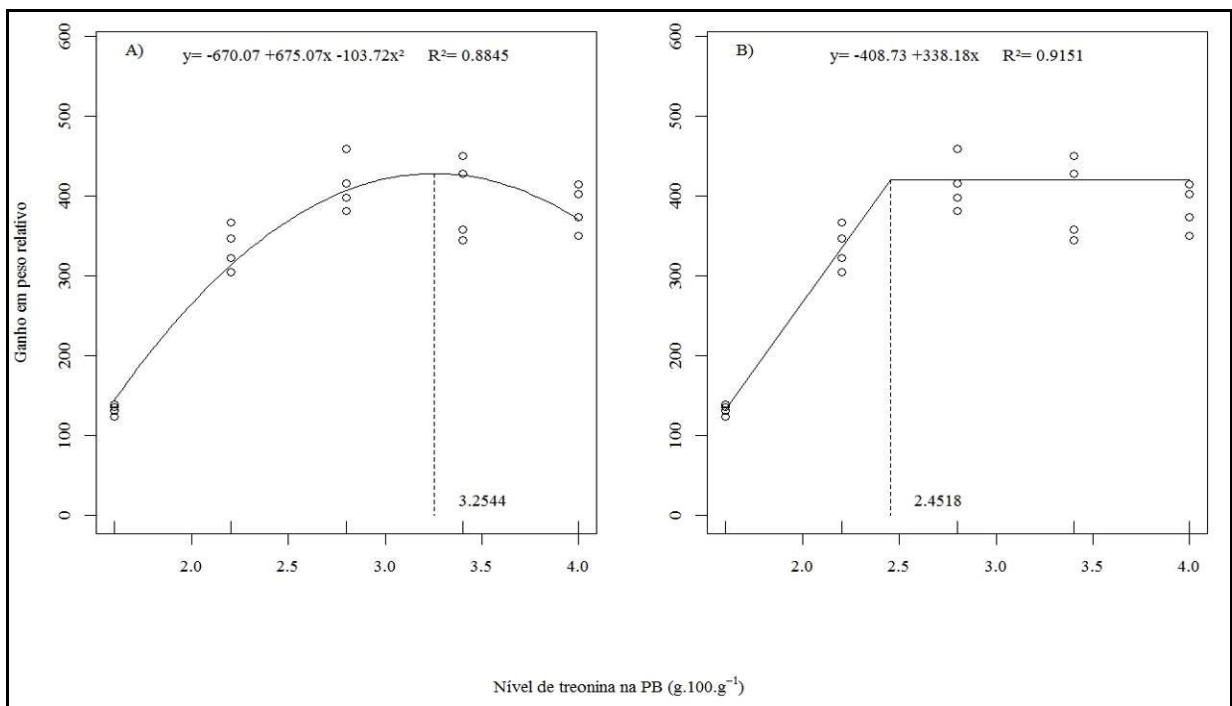


Figura 3 - Efeito dos níveis de treonina sobre o ganho de peso relativo dos peixes ao final dos 70 dias experimentais. Estimativa calculada usando modelo matemático da regressão polinomial (A) e regressão não-linear (B).

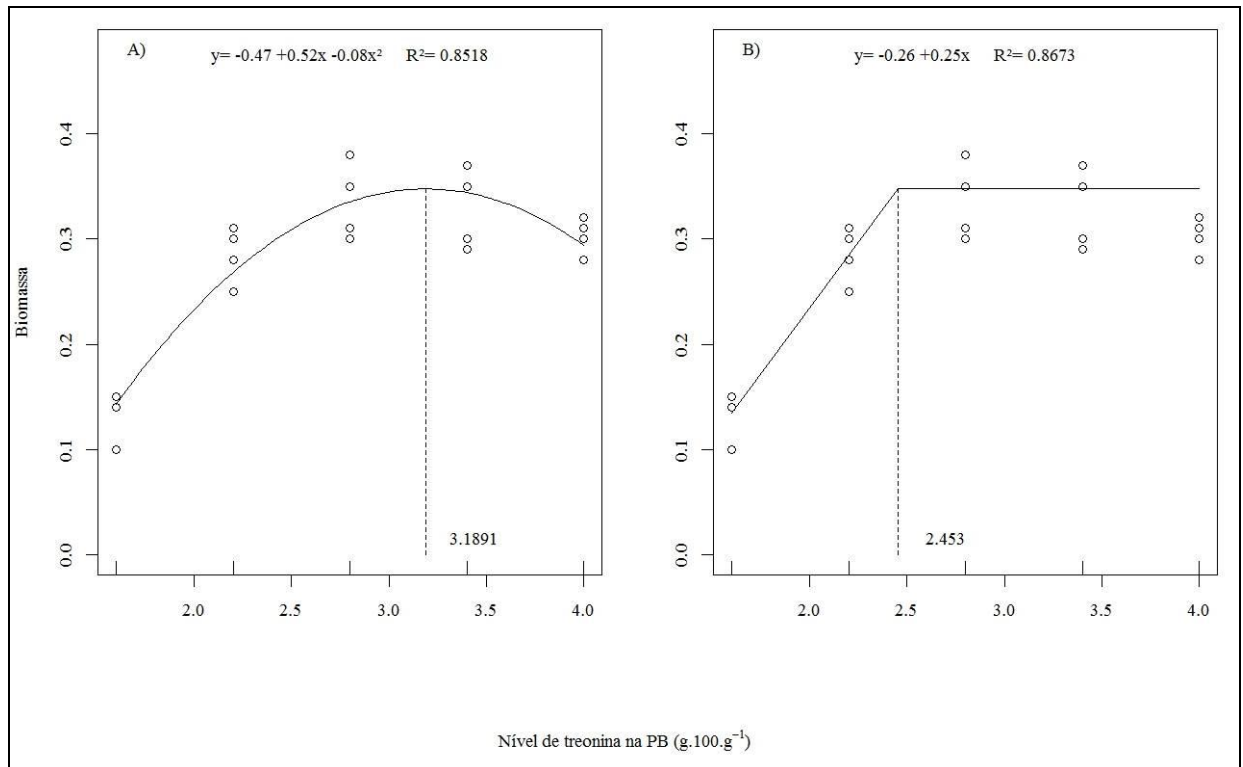


Figura 4 - Influência dos níveis de treonina sobre a biomassa dos jundiás ao final dos 70 dias de experimento. Estimativa calculada usando modelo matemático da regressão polinomial (A) e regressão não-linear (B).

A exigência de treonina para o jundiá encontrada neste experimento encontra-se muito próxima das exigências para as demais espécies de peixe já estudadas (Tabela 3), sendo maior que a exigência encontrada para o bagre do canal de 2,2% da PB (WILSON et al., 1978), espécie que serve como espécie bandeira para formulação de dietas para o jundiá. Porém, é menor que o nível de 3,0% da PB da dieta, estimado para o jundiá através da composição muscular encontrado por Meyer e Fracalossi (2005), o que era esperado visto que segundo Fracalossi et al. (2012) alguns aminoácidos como a leucina, isoleucina, treonina e valina acabam se acumulando no corpo dos peixes, cuja exigências pelo conceito de proteína ideal acaba sendo superestimada.

As exigências dos peixes em aminoácidos podem variar devido a diversos fatores. Tem sido sugerido que as exigências possam ser afetadas pelo tamanho dos peixes, a idade, a frequência de alimentação, níveis adequados de outros nutrientes, temperatura da água, vazão, densidade de estoque, condições ambientais e manejos adotados pelos diferentes laboratórios (COWEY e LUQUET, 1983; KIM et al., 1992; FORSTER e OGATA, 1998; LUZZANA et al., 1998).

Além da digestibilidade, o perfil de aminoácidos e teor de energia também podem alterar os valores nutricionais de exigência de aminoácidos (SIMMONS et al., 1999), o que pode ser constatado pela tabela 3 nas diferentes espécies de peixe estudadas.

Tabela 3 – Comparativo das exigências em treonina para diferentes espécies de peixe

Espécie de peixe	Requerimento de treonina		PB ¹ da dieta (%)	Peso inicial (g)	Referências
	% da dieta	% da PB			
Jundiá	0,88 – 0,91	2,37 – 2,45	37	4,3	Presente estudo
Bagre do canal	0,5	2,2	24	195	Wilson et al. (1978)
Bagre indiano	1,3	3,2	40	3,6	Ahmed (2007)
Tilápia-do-nilo	1,1	3,8	28	0,05	Santiago e Lovell (1988)
Truta arco-iris	1,1	2,6	40	1,8	Bodin et al., (2008)
Milkfish	1,8	4,5	40	8,0	Borlongan e Coloso (1993)
Sea Bass Europeu	1,1 – 1,3	2,3 – 2,6	49	7,5	Tibaldi e Tulli (1999)
Mrigal	1,8	4,5	40	0,5	Ahmed et al. (2004)
Rohu	1,5 – 1,7	3,8 – 4,2	40	0,6	Abidi e Khan (2008)
Salmão do atlântico	1,1	2,6	40	1,8	Bodin et al (2008)
Carpa comum	1,5	3,9	48	1,9	Nose (1979)
Red drum	0,8	2,3	35	2,8	Boren e Gatlin (1995)
Turbot	1,16	2,8	46	530,0	Kaushik (1998)
Striped bass	1,03	2,45	42	111,0	Small e Soares (1999)
Híbrido do striped bass	0,91	2,6	35	3,0	Keembiyehetty e Gatlin (1997)

¹ PB: Proteína Bruta

O consumo diário de ração (CDR) do jundiá não foi influenciado significativamente neste estudo (Tabela 4), diferindo do encontrado para o salmão do atlântico (HELLAND et al., 2013), para o rohu (*Labeo rohita*) (ABIDI e KHAN, 2008) e para tilápia do nilo (LIEBERT e BENKENDORFF, 2007; BOMFIM et al., 2008), onde testando o requerimento de treonina, e fornecendo ração até a saciedade aparente eles obtiveram como resultado uma diminuição no consumo nas dietas deficientes em treonina. O resultado encontrado neste estudo no entanto, é semelhante ao estudo realizado com o híbrido do “striped bass” (KEEMBIYEHETTY e GATLIN, 1997), com o “sea bass” europeu (TIBALDI e TULLI,

1999) e com o tambatinga (ARARIPE et al., 2011), onde seguindo a mesma metodologia de arraçamento não obtiveram diferença no consumo de ração entre os tratamentos.

Segundo Gietzen (1993), sob condições de desequilíbrio há uma queda nos níveis de aminoácidos limitantes no plasma sanguíneo sendo detectado no córtex pré-periforme anterior do cérebro, seguido por mudanças comportamentais da ingestão alimentar. A redução da secreção de serotonina no cérebro, decorrente do aumento da concentração de treonina, podem induzir a menor ingestão de alimentos (HENRY e SÈVE, 1993). Este mecanismo seria uma tentativa do organismo em reduzir os efeitos deletérios de uma dieta imbalaceada (HARPER, 1970; BERTECHINI, 2006). A deficiência de treonina não levou o jundiá a apresentar este comportamento de redução do consumo o que demonstra uma menor sensibilidade do jundiá frente a deficiência deste aminoácido.

A sobrevivência dos animais também não foi influenciada pelos níveis de treonina, este resultado pode ser atribuído a ausência de um desafio sanitário e/ou de condições estressantes, situações onde a exigência de treonina seria aumentada devido à perda excessiva de muco (mucina) pelos peixes, aumentando sua produção (BOMFIM et al., 2008).

Segundo Vazzoler (1996) o fator de condição (FC) é um importante indicador do grau de hígidez de um indivíduo e seu valor reflete as condições nutricionais e/ou gastos das reservas, sendo possível relacioná-lo às condições ambientais, o que sugere uma condição déficit nutricional nos animais submetidos ao tratamento 1,6% que apresentaram valores de FC inferiores, que no entanto, não diferiram do tratamento 3,4%, o que corrobora com os dados de biomassa, onde todos os tratamentos foram maiores que o tratamento 1,6% de treonina.

Submetendo jundiás a dietas de composições semelhantes Rotili (2014), obteve resultados semelhantes para FC (0,76), e resultados muito próximos (0,82) foram encontrados por Maschio (2013) ao estimar a exigência dos jundiás em arginina, utilizando dietas semipurificadas.

A conversão alimentar aparente diferiu apenas do tratamento 1,6% em relação aos demais níveis, sendo maior neste tratamento, parte desta elevada CAA é devido aos animais não consumirem o alimento fornecido, superestimando o consumo neste tratamento. Outro fator que contribui para esta diferença é o reduzido crescimento dos animais do tratamento 1,6%, sendo este inferior em todas as medidas de desenvolvimento: GPR, GPT, biomassa e TCE, indicando que tiveram pior desempenho que os demais tratamentos, e elevando assim sua CAA.

Além disso os nutrientes consumidos não foram utilizados da mesma forma nos diferentes tratamentos, havendo um desequilíbrio de aminoácidos no tratamento 1,6% onde possivelmente os aminoácidos em excesso foram desaminados e catabolizados (NELSON e COX, 2011), o que se confirma com os reduzidos valores de deposição de proteína corporal (DPC), taxa de eficiência proteica (TEP) e coeficiente de retenção proteica (CRP) (Tabela 5) dos jundiás submetidos ao tratamento 1,6%. Em estudos com o milkfish, Borlongan (1991) também encontrou eficiência alimentar reduzida nos peixes alimentados com dietas deficientes em treonina.

Tabela 4 - Dados de desempenho dos peixes aos 70 dias de experimento

Variáveis	Níveis de treonina (% PB)				
	1,6	2,2	2,8	3,4	4,0
SOB (%)	90,00±0,00	93,75±2,39	92,50±1,44	93,75±1,25	88,75±3,15
FC	0,72±0,01 ^b	0,80±0,02 ^a	0,81±0,02 ^a	0,79±0,00 ^{ab}	0,83±0,02 ^a
CDR (g)	8,75±0,04	8,15±0,54	9,03±0,14	8,93±0,28	8,84±0,51
CAA ²	8,84±0,54 ^a	2,70±0,29 ^b	2,39±0,08 ^b	2,32±0,30 ^b	2,31±0,23 ^b

¹ Valores expressos como média±erro padrão da média. As médias na mesma linha com letras diferentes diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). SOB: sobrevivência, FC: Fator de condição, CDR: consumo diário de ração e CAA: conversão alimentar aparente (Kg/Kg);

² Efeito quadrático: CAA = 2,6753x² - 17,139x + 28,9, R² = 0,8255;

Pode-se observar um incremento nos níveis proteicos corporais acompanhando o incremento de treonina nas dietas até o nível 3,4% de treonina (Tabela 5), esta tendência também foi observada por Ahmed e Khan (2004) trabalhando com níveis de treonina para o bagre indiano, e por Gao et al. (2014) estudando o requerimento em treonina para a carpa capim.

Estes resultados estão de acordo com o esperado, visto que com o balanço de aminoácidos mais adequado haverá equilíbrio entre os aminoácidos permitindo a formação de proteínas, este resultado também foi verificado por Bomfim et al. (2008) estudando a exigência de treonina para a tilápia-do-nilo, onde encontraram a mesma tendência de aumento da proteína corporal.

A matéria seca corporal e a concentração de gordura corporal não diferiram entre os tratamentos, resultado que difere do encontrado para o bagre indiano (AHMED, 2007) estudando o requerimento de treonina onde a porcentagem de gordura corporal aumentou com os níveis de treonina e a matéria seca reduziu com o aumento de treonina nas dietas. A matéria mineral foi maior no tratamento com menor inclusão de treonina, resultado semelhante ao encontrado por Ahmed e Khan (2004) estudando o requerimento de lisina para *Cirrhinus mrigala*, e por Ahmed (2007), possivelmente devido a menor contribuição no peso corporal que a proteína ocupou, visto sua menor concentração, elevando a proporção dos demais constituintes.

A DPC foi maior nos tratamentos com inclusão de treonina acima de 2,2%, reduzindo nos dois últimos tratamentos, a redução nos valores deste parâmetro está relacionada com o gasto de energia extra para desaminação e excreção do excesso de treonina.

A deposição de gordura corporal (DGC) foi maior nos tratamentos acima de 1,6% de treonina, demonstrando que no tratamento 1,6% houve uma disponibilidade desbalanceada de aminoácidos, devido a carência em treonina. O desbalanço de aminoácidos causa redução da síntese proteica no organismo provocando catabolismo e excreção de aminoácidos (ANDRIGUETTO, 2002). Além disso os aminoácidos em excesso são desaminados e catabolizados (NELSON e COX, 2011), como não houve aumento significativo na gordura corporal, os aminoácidos em excesso, devido ao desbalanço entre eles, possivelmente foram excretados.

Para o parâmetro de CRP os peixes do tratamento 1,6% obtiveram resultado inferior, não diferindo porem do tratamento 2,2, indicando assim que o maior aporte de treonina, aproximando-se do nível encontrado como adequado para esta espécie, proporcionando ao organismo um aporte de aminoácidos mais equilibrado, possibilitou ao animal reter maior porcentagem da proteína que ingere.

Tabela 5 - Parâmetros de composição corporal e índices corporais dos peixes aos 70 dias de experimento¹

Variáveis	Níveis de treonina (% PB)				
	1,6	2,2	2,8	3,4	4,0
PB (%)	12,63±0,31 ^b	13,38±0,15 ^{ab}	14,19±0,23 ^a	14,21±0,46 ^a	14,06±0,25 ^a
G (%)	4,74±0,27	6,07±0,28	4,76±0,37	4,81±0,34	5,59±0,35
MS (%)	21,56±0,52	23,71±0,32	22,65±0,70	22,99±0,42	22,97±0,86
MM (%)	2,88±0,08 ^a	2,59±0,09 ^b	2,41±0,09 ^b	2,53±0,10 ^b	2,52±0,09 ^b
	Índices corporais				
DGC (g)	0,29±0,07 ^b	0,98±0,07 ^a	0,90±0,11 ^a	0,87±0,14 ^a	1,01±0,10 ^a
DPC ²	1,31±0,01 ^c	2,60±0,08 ^b	3,26±0,11 ^a	3,16±0,26 ^{ab}	3,05±0,10 ^{ab}
CRP (g)	0,62±0,07 ^b	1,24±0,13 ^{ab}	1,35±0,04 ^a	1,45±0,22 ^a	1,49±0,17 ^a
TEP ³	0,23±0,01 ^b	0,95±0,13 ^a	1,01±0,06 ^a	1,09±0,17 ^a	1,05±0,16 ^a

¹ Valores expressos como média±erro padrão da média. As médias na mesma linha com letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). PB: proteína bruta, G: gordura MS: matéria seca, MM: matéria mineral, DGC: deposição de gordura corporal, DPC: deposição de proteína corporal, CRP: coeficiente de retenção proteica e TEP: taxa de eficiência proteica.

² Efeito quadrático: $DPC = -0,7067x^2 + 4,6259x - 4,2236$, $R^2 = 0,8557$;

³ Efeito quadrático: $TEP = -0,1952x^2 + 1,2789x - 1,005$, $R^2 = 0,699$;

Os jundiás do tratamento 1,6% de treonina apresentaram resultados inferiores para a TEP, ressaltando a deficiência do aminoácido testado, visto que uma dieta desequilibrada em aminoácidos leva à redução no consumo e diminuição da síntese proteica no organismo, causando um aumento no metabolismo degradativo e na excreção de aminoácidos (ANDRIGUETTO, 1986). Segundo Ambardekar e Reigh (2007) na ausência de certos aminoácidos ou em ritmo assincrônico de disponibilidade destes, a síntese proteica ficará prejudicada, fazendo com que os aminoácidos sejam catabolizados e utilizados para obtenção de energia. Considerando que o custo metabólico para incorporar um aminoácido em uma cadeia proteica é de 4 mols de ATP e para elimina-lo é de 6 mols/g de nitrogênio (Mc LEOD, 1997), teremos maior gasto energético para eliminar o excesso dos aminoácidos, e quando em

sincronismo de absorção teremos conseqüentemente melhor desempenho e menor desvio destes para obtenção de energia.

Wilson et al., (1978), Santiago e Lovell (1988), Borlongan (1991) e Ravi e Devaraj (1991) observaram este mesmo comportamento, onde o fornecimento de rações deficientes em treonina ocasionou redução na retenção de nitrogênio. A rápida disponibilidade de aminoácidos pode causar a saturação dos mecanismos de transporte intestinal, resultando em desequilíbrio na absorção e oxidação destes aminoácidos, afetando negativamente a retenção proteica (BERGE et al., 1999; CAHU et al., 1999; ARAGÃO et al., 2004).

Os valores de rendimentos corporais são apresentados na tabela 6, onde somente o índice hepatossomático apresentou diferença estatística, sendo inferior nos animais submetidos aos tratamentos 1,6 e 2,2%, demonstrando que estes animais tinham fígado de maior peso em relação ao peso do corpo, como o tamanho do fígado pode variar devido ao estado nutricional (ROBERTS e ELLIS, 1989).

Neste caso podemos relacionar com uma elevada taxa de metabolização neste órgão, indicando uma sobrecarga metabólica, ou ainda, uma deposição de gordura (NELSON e COX, 2011; YAMASHITA e ASHIDA, 1971), visto que nestes tratamentos os animais estavam submetidos a reduzidos níveis de treonina na dieta levando-os a um desequilíbrio aminoácídico, e que não houve diferença estatística para o índice de gordura celomática (IGC), DGC e na concentração de gordura na carcaça, podemos inferir que o maior volume do fígado seja devido à alta taxa metabólica neste órgão.

O índice hepatossomático é uma forma de quantificar o estoque de energia (glicogênio) (CYRINO et al., 2000; NAVARRO et al., 2006). O glicogênio, uma das muitas formas de armazenamento da energia consumida pelo peixe, é encontrado, em grande quantidade, nos tecidos do fígado e no músculo dos peixes, sendo que as quantidades totais de glicogênio muscular ou hepático podem ser consideradas iguais (HEIDINGER e CRAWFORD, 1977; CYRINO et al., 2000), como a concentração de glicogênio hepático (Tabela 8) não diferiu pode-se inferir que o maior volume do fígado não seja decorrente de maior gordura no órgão.

Devido a uniformidade da composição das dietas entre os tratamentos, no que se refere a inclusão de ingredientes, não houve diferença estatística nos parâmetros de quociente intestinal (QI) e índice digestivo-somático (IDS) pois estes parâmetros estão relacionados com a digestibilidade das dietas, que eram semelhantes entre as dietas.

Tabela 6 - Parâmetros de rendimentos corporais dos jundiás alimentados com diferentes níveis de treonina por 70 dias de experimento¹

Variáveis	Níveis de treonina (% PB)				
	1,6	2,2	2,8	3,4	4,0
RC (%)	86,49±0,56	86,27±0,81	87,13±0,48	88,05±0,47	87,87±0,42
IHS (%)	2,72±0,26 ^a	2,27±0,19 ^{ab}	1,95±0,16 ^b	1,59±0,11 ^b	1,61±0,11 ^b
IDS (%)	3,71±0,25	3,66±0,07	3,70±0,17	3,73±0,19	3,75±0,22
QI	0,96±0,07	1,06±0,07	1,11±0,05	1,07±0,02	1,02±0,06
IGC (%)	1,17±0,22	0,80±0,14	1,07±0,22	1,02±0,17	1,13±0,16

¹ Valores expressos como média±erro padrão da média. As médias na mesma linha com letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). RC: rendimento de carcaça, IHS: índice hepatossomático, IDS: Índice digestivo-somático, QI; quociente intestinal e IGC: índice gordura celomática.

A composição bioquímica do plasma sanguíneo mostra a situação metabólica dos tecidos animais sendo, por meio dela, possível detectar alterações no funcionamento dos órgãos e a adaptação do animal diante dos desafios nutricionais, fisiológicos e desequilíbrios metabólicos, específicos ou de origem nutricional (HIGUCHI et al., 2011).

Pode-se observar na tabela 7 as variáveis sanguíneas analisadas, onde os níveis de treonina não influenciaram significativamente os parâmetros de triglicerídeos e glicose. As proteínas totais (PROT), foram maiores no tratamento 2,8%, diferindo apenas do tratamento 1,6%. Para aminoácidos totais, houve diferença estatística, sendo o tratamento 1,6% inferior aos demais. Esta diferença pode estar relacionada a glicogênese, processo pelo qual os aminoácidos em excesso são utilizados para produção de energia, pois neste tratamento havia menor nível de treonina e um desequilíbrio entre a treonina e os demais aminoácidos, levando a desaminação dos aminoácidos e assim menor concentração de aminoácidos circulantes.

Huai et al. (2009) testando o requerimento de treonina para juvenis de camarão (*Litopenaeus vannamei*) encontraram uma tendência de aumento das proteínas totais com o

aumento da inclusão de treonina, onde o maior nível de treonina resultou em maior concentração de proteínas totais.

A albumina plasmática foi inferior no tratamento 1,6%, não diferindo dos tratamentos 2,2, 2,8 e 4,0%, como ela atua como um reservatório móvel de aminoácidos aos tecidos periféricos, sua menor concentração nestes tratamentos indica menor aporte de aminoácidos nos mesmos, o que é comprovado pelos valores reduzidos de aminoácidos totais e maiores valores de DGC indicando que os aminoácidos em excesso foram utilizados para outros fins.

Tabela 7 - Variáveis plasmáticas dos peixes aos 70 dias de experimento¹

Variáveis	Níveis de treonina (% PB)				
	1,6	2,2	2,8	3,4	4,0
PROT	3,28±0,73 ^b	3,06±0,19 ^{ab}	5,78±0,49 ^a	4,39±0,76 ^{ab}	4,28±1,13 ^{ab}
ALB	0,30±0,05 ^b	0,40±0,03 ^{ab}	0,41±0,04 ^{ab}	0,47±0,03 ^a	0,40±0,03 ^{ab}
TGL	506,5±77,1	740,7±131,1	660,9±51,4	512,3±80,0	535,3±119,6
Glic	30,15±2,36	39,41±5,06	43,93±4,67	36,79±3,87	42,30±4,18
Aa	918,8±57,1 ^b	1318,0±103,5 ^a	1516,8±144,5 ^a	1575,2±71,0 ^a	1464,9±74,3 ^a

¹ Valores expressos como média±erro padrão da média. As médias na mesma linha com letras diferentes diferem pelo teste de Tukey (p<0,05). PROT: proteínas totais circulantes (g/dL); ALB: albumina (g/dL); TGL: triglicerídeos (mg/dL) GLIC: glicose (mg/gL) e Aa: aminoácidos totais (mmol/dL).

Para as análises hepáticas (Tabela 8) não foram encontradas diferenças estatísticas para todos os parâmetros. Porém os parâmetros de AST e ALT demonstraram pequena elevação no tratamento 1,6, não diferindo pelo teste estatístico.

Resultado semelhante foi encontrado por Huai et al. (2009) testando níveis de treonina para o *Litopenaeus vannamei* em água com baixa salinidade onde a transaminase AST não diferiu nos diferentes tratamentos, porém Zhou et al. (2013) testando níveis de 1,07 a 2,30% de treonina na dieta para o *Litopenaeus vannamei* encontraram diferença dos cinco níveis iniciais para o último, tanto para AST como para a ALT, diferindo dos resultados encontrados para o jundiá neste estudo.

Visto que qualquer lesão hepática liberará maior quantidade desta enzima (AST) para a corrente sanguínea, elevando os níveis séricos destas (OLSEN et al., 2008), e que ela está envolvida no catabolismo de aminoácidos, um aumento na atividade da mesma pode indicar que havia excesso ou deficiência de aminoácidos, o que pode levar os animais a utilizar proteína para obter energia bem como, comprometer a síntese de proteínas (RIEGEL, 2001).

A elevação nos parâmetros de transaminases do fígado pode estar relacionada a uma lesão hepática, visto que são conhecidas por desempenhar um papel na mobilização de aminoácidos para a gliconeogênese e funções de elo entre o metabolismo dos carboidratos e o metabolismo das proteínas sob condições fisiológicas alteradas (GAO et al., 2014); além de ser utilizada como indicador de saúde dos peixes (PACHECO e SANTOS, 2002).

A elevação nas transaminases para o tratamento 1,6% juntamente com os valores elevados encontrados para o índice hepatossomático neste tratamento indicando maior volume deste órgão indicam uma possível sobrecarga metabólica devido ao menor nível de treonina neste tratamento.

Uma tendência a elevação dos valores de proteínas totais seguindo o aumento da inclusão de treonina foi observada, não diferindo estatisticamente. Devido a carência do aminoácido teste era esperado valores inferiores nos tratamentos iniciais, porém, não foi detectado pelo teste estatístico.

Apesar de não apresentar diferenças estatísticas para os níveis de glicose, o tratamento 1,6% apresentou redução no valor, mesmo não havendo diferença nos níveis de glicogênio hepático. Foi observada uma tendência de redução dos valores de aminoácidos totais e amônia com o incremento de treonina.

Tabela 8 – Resultados das análises metabólicas do fígado dos peixes alimentados com os diferentes níveis de treonina aos 70 dias de experimento¹

<i>Variáveis</i>	Níveis de treonina (% PB)				
	1,6	2,2	2,8	3,4	4,0
Glicogênio	75,56±12,87	77,64±77,64	73,90±13,82	77,28±11,83	60,98±7,73
Proteínas	41,58±7,44	42,03±10,95	41,26±11,38	57,31±9,04	58,03±9,81
Glic	99,45±6,20	118,63±8,49	116,98±8,62	112,61±4,09	118,49±4,47
Amônia	4,83±1,19	4,22±0,67	4,57±1,34	4,62±1,55	2,91±0,43
Aa	25,39±1,21	25,44±1,87	23,65±2,24	25,53±2,44	21,15±2,82
AST	27,23±4,75	21,12±3,13	23,25±3,28	20,92±2,47	24,27±2,89
ALT	90,18±13,98	72,08±9,42	78,47±9,80	71,59±7,42	81,63±8,70

Valores expressos como média±erro padrão da média. As médias na mesma linha com letras diferentes diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Glicogênio: mmol/g, proteínas: Proteínas totais (mg/g), Glic: glicose: mmol/g, amônia: mmol/g, Aa: aminoácidos totais (mmol/g), AST: aspartato aminotransferase, UI/mg e ALT: alanino aminotransferase, UI/mg.

6. CONCLUSÕES

Os níveis de treonina testados influenciaram o desempenho dos juvenis de jundiá. Para a faixa de peso de 4,4 a 25g de peso vivo recomenda-se utilizar o nível de 2,45% de treonina na proteína bruta da dieta ou 0,91% de treonina na dieta, baseando-se nos parâmetros de GPT, GPR, submetidos à análise de regressão não-linear.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diversos fatores têm influência sobre a determinação do nível ótimo de um aminoácido para uma determinada espécie, onde destacamos que as diversas escolhas que foram tomadas neste estudo nortearam o valor de exigência encontrado, sendo possivelmente alterado quando em condições diversas das trabalhadas neste estudo.

Assim sugere-se para próximos trabalhos na área, o cuidado na tomada de decisões principalmente no que se refere ao desenho experimental. Dentro deste, contemplando os intervalos entre os níveis testados, de modo que consiga se estabelecer níveis que estejam próximos a verdadeira exigência. Quanto ao número mínimo de cinco níveis (NRC, 2011), ao número de repetições, as condições ambientais proporcionadas pelo sistema de criação dos animais e a densidade de estocagem utilizada, sempre relacionada com o comportamento do peixe, principalmente comportamento de captura do alimento.

Quanto aos aspectos do animal, cabe ressaltar a influência que a linhagem genética a idade e fase do desenvolvimento tem sobre a capacidade do animal em aproveitar os nutrientes, interferindo assim nas exigências em aminoácidos.

Referente a dieta utilizada temos inúmeras opções que podem alterar a disponibilidade dos nutrientes para o peixe, entre estas opções destaca-se os ingredientes utilizados para a confecção da dieta, podendo conforme o hábito alimentar da espécie ser adicionado alimentos palatáveis, sendo necessária o aprofundamento no conhecimento de sua composição (desde a confecção até sua composição aminoacídica), além do nível adequado de energia e proteína na dieta.

Os níveis dos demais aminoácidos, visto que existem interrelações entre os mesmos, onde existe competição entre alguns deles, interferindo assim na absorção uns dos outros conforme o nível de inclusão de cada aminoácido.

Os manejos experimentais utilizados exercem influência, onde o número de refeições e a forma de alimentar os animais (saciedade aparente), aliado às características da espécie (características de consumo) alteram principalmente o consumo e conseqüentemente todos os parâmetros estudados.

Outro fator que, semelhante aos já citados, têm influência direta no valor da exigência é a análise dos dados, onde existem disponíveis diversos métodos, cada um com seus pontos positivos e suas desvantagens, no entanto em cada um encontraremos exigências distintas, cabendo ao pesquisador a decisão.

Diversos autores, entre eles Shearer (2000), Coelho et al. (1987) e Morris (1989) afirmam que o modelo não linear tenderia a subestimar a dose-ótima, porém, outros autores (PORTZ et al., 2000; ROBBINS et al., 1979; ROSTAGNO et al., 2007) constataram a tendência dos modelos quadráticos em superestimar a dose-ótima.

Assim, tem sido recomendado um outro procedimento para se determinar exigências em experimentos dose-resposta, que é a combinação do modelo não linear com o modelo quadrático, que fornece valores intermediários entre esses dois modelos. O valor da intersecção (nível-ótimo) é calculado igualando-se a equação quadrática com o valor do platô do modelo não linear (BAKER et al., 2002). A vantagem desse modelo é que o nível ótimo encontrado na primeira intersecção da parábola com o platô do modelo não linear, não é tão elevado como o estimado pela função quadrática, nem tão inferior como o estimado no modelo não linear (EUCLYDES e ROSTAGNO, 2001).

A sobreposição destes modelos para a estimativa do requerimento em treonina para os jundiás, no presente trabalho, está expressa na figura 5, figura 6 e figura 7, confirmando a obtenção de valores intermediários.

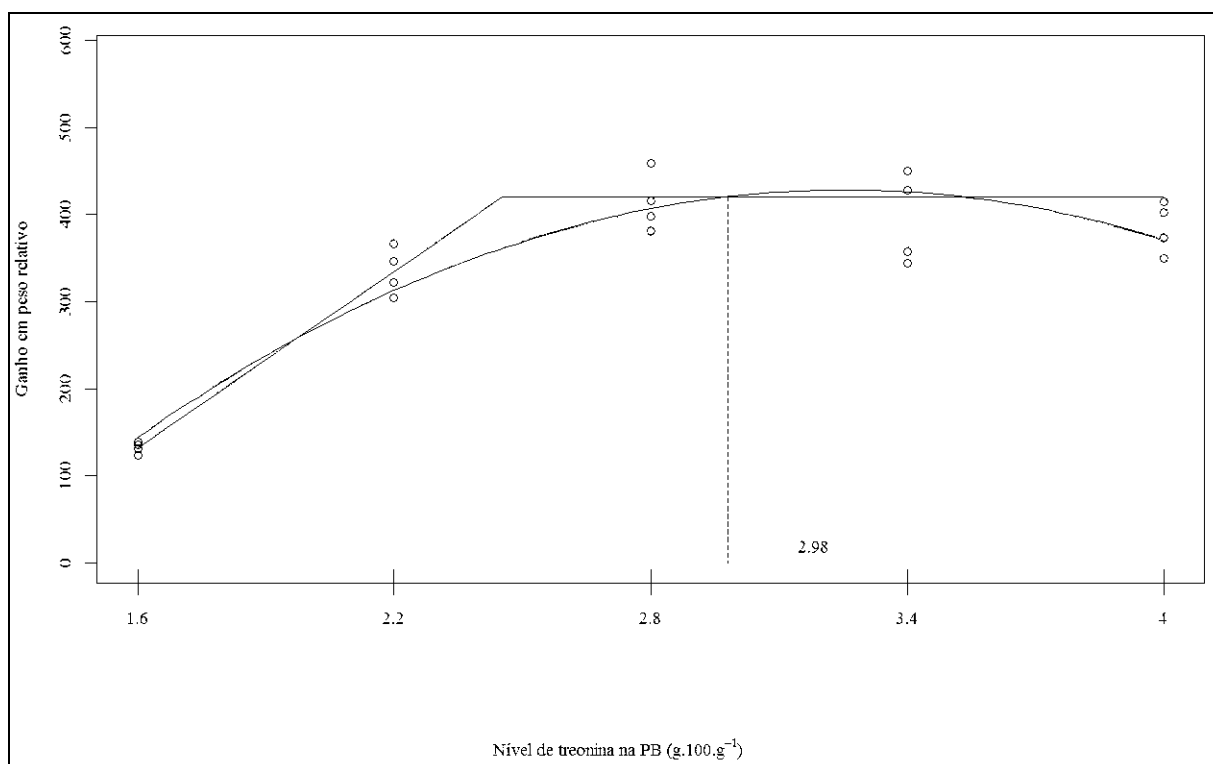


Figura 5 - Efeito dos níveis de treonina sobre o ganho de peso relativo dos jundiás ao final dos 70 dias de experimento, através da análise da combinação dos modelos não linear e modelo quadrático.

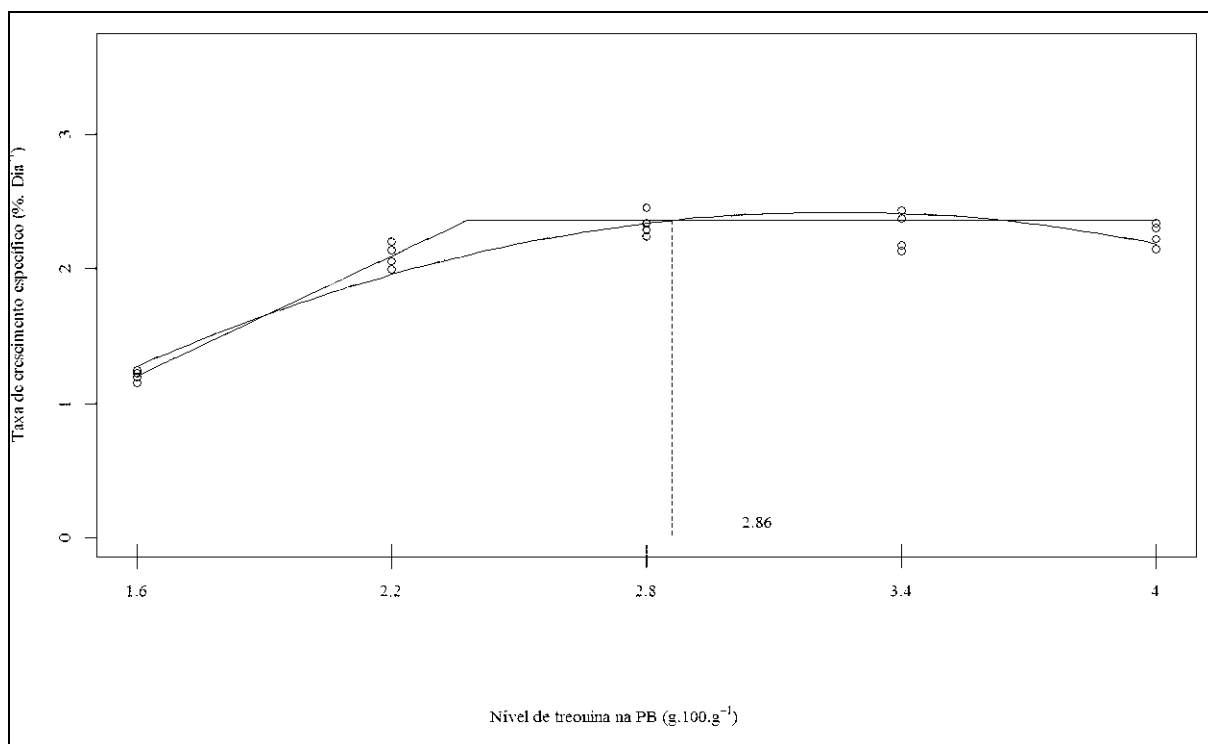


Figura 6 - Taxa de crescimento específico dos jundiás ao final dos 70 dias de experimento, submetidos aos diferentes níveis de treonina, através da análise da combinação dos modelos não linear e modelo quadrático.

Baseando-se nos parâmetros de taxa de crescimento e ganho de peso relativo, submetidos a combinação do modelo não linear com o modelo quadrático, o requerimento do jundiá em treonina está entre 2,86 e 2,98% de treonina na proteína bruta. Valores estes intermediários entre os encontrados no modelo quadrático e no não linear: 3,25 e 2,37% (taxa de crescimento específico) e 3,25 e 2,45% de treonina da proteína bruta da dieta (ganho de peso relativo), respectivamente.

Além da análise a se escolher, nos cabe escolher parâmetros que melhor expressem a resposta do animal às dietas para sobre eles estimarmos a exigência.

Para a sequência de estudos nesta área de estimativas das exigências em aminoácidos para o jundiá sugere-se a busca por elucidar suas necessidades nos aminoácidos que ainda faltam ser estudados: histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina e valina, preferencialmente seguindo-se metodologias semelhantes as até então utilizadas, principalmente no que se refere à dieta.

8. BIBLIOGRAFIA

ABBOUDI, T. et al. Protein and lysine requirements for maintenance and for tissue accretion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. **Aquaculture**, v.261, p.368-383, 2006.

ABIDI, S. F.; KHAN, M. A. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Labeo rohita* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 39, p. 1498-1505, 2008.

AHMED, I. Dietary amino acid l-threonine requirement of fingerling Indian catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch) estimated by growth and biochemical parameters. **Aquaculture International**, v.15, n. 5, p. 337-350, 2007.

AHMED, I.; KHAN M.A. Dietary lysine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture**, v.235, p.499-511, 2004.

AHMED, I; KHAN, M. A.; JAFRI, A. K. Dietary threonine requirement of fingerling Indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v 35, p. 162-170, 2004.

AJINOMOTO. Exigências de treonina para suínos. Benefícios da suplementação de L-treonina. **Boletim Informativo Técnico AJINOMOTO**, n.10, 2003. Disponível em: <www.lisina.com.br> Acesso em 26 de setembro de 2014.

AMBARDEKAR, A. A.; REIGH, R. C. Sources and utilization of amino acids in catfish diets: a review. **North American Journal of Aquaculture**, v. 69, p. 174-179, 2007.

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal - os alimentos**. 2. ed. São Paulo: Nobel, v.1, 395 p., 1986.

ANDRIGUETTO, J. M. et al. **Nutrição animal**. 4. ed. São Paulo: Nobel, v.1, 395 p., 2002.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 16 ed., 1137 p., 1995.

ARAGÃO, C. et al. A balanced dietary amino acid profile improves amino acid retention in post-larval Senegalese sole (*Solea senegalensis*). **Aquaculture**, v. 234, p. 429-455, 2004.

ARAI S.; OGATA H. Quantitative amino acids requirements of fingerling coho salmon. In: COLLIE M. R., McVEY J. P., **Proceedings of the twentieth** US-Japan symposium on aquaculture nutrition. UJNR Oregon, p. 19-28, 1993.

ARARIPE M. N. B. A et al. Relação treonina:lisina para alevinos de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomum*). **Boletim Instituto de Pesca de São Paulo**, v. 37, n. 4, p. 393-400. 2011

AVMA (American Veterinary Medical Association) **Guidelines for the Euthanasia of Animals**: 2013.

BAKER, D.H. et al. Ideal Ratio (Relative to Lysine) of Tryptophan, Threonine, Isoleucine, and Valine for Chicks During the Second and Third Weeks Posthatch. **Poultry Science**, v.81, p. 485-494, 2002.

BALDISSEROTTO, B.; SILVA, L. V. F. Qualidade da água. In: BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de jundiá**. Santa Maria. UFSM, p. 73-94, 2004.

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. BARCELLOS L.G. Jundiá (*Rhamdia quelen*) In: BALDISSEROTTO, B. e GOMES, L.C. (Org.) **Espécies nativas para a piscicultura no Brasil**. 2º Ed., 1º Reimp. Santa Maria. Ed da UFSM, p. 301-323, 2013.

BARCELLOS, L.J.G. et al. Nursery rearing of jundiá, *Rhamdia quelen* (Quoy e Gaimard) in cages: cage type, stocking density and stress response to confinement. **Aquaculture**, v.232, p.383-394, 2004.

BERGE, G. E. et al. In vitro uptake and interaction between arginine and lysine in the intestine of Atlantic salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, v. 179, p. 181-193, 1999.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de Monogástricos**. Ed. UFLA, Lavras-MG, 301 p., 2006.

BIDINOTTO, P.M.; MORAES, G.; SOUZA, R.H.S. Hepatic glycogen and glucose in eight tropical freshwater teleost fish: A procedure for field determinations of micro samples. **Boletim Técnico CEPTA**, v.10, p.53-60, 1997.

BISINOTO, K.S. et al. Relação treonina:lisina para leitões de 6 a 11kg de peso vivo em rações formuladas com base no conceito de proteína ideal. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1740-1745, 2007

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry**, v.37, n.8, p. 911-917, 1959.

BODIN, N. et al. Threonine requirements for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Atlantic salmon (*Salmo salar*) at the fry stage are similar. **Aquaculture**, v. 274, n. 2, p 353–365, 2008.

BOISEN, S. Ideal dietary amino acid profiles for pigs. In: **Amino acid in farm animal nutrition**, Wallingford: CAB International, p.157-168, 2003.

BOMFIM, M. A. D. et al. Exigência em treonina, com base no conceito de proteína ideal, de alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.12, p.2077-2084, 2008.

BOREN R.S.; GATLIN M. Dietary threonine requirement of juvenile red drum *Sciaenops ocellatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.3, p.279-283, 1995.

BORLONGAN, I.G. Arginine and threonine requirements of milkfish (*Chanos chanos* Fosskal) juveniles. **Aquaculture**, v.93, n.4, p.313-322, 1991.

BORLOGAN, I. G; COLOSO, R. M. Requirements of juvenile milkfish (*Chanos chanos* Forsskal) for essential amino acids. **Journal Nutrition**, v. 123, p. 125-132, 1993.

BRADFORD, M.M.A. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v.72, p.248-254, 1976.

CAHU, C. L. et al. Protein hydrolysate vs. fish meal in compound diets for 10-day old sea bass *Dicentrarchus labrax* larvae. **Aquaculture**, v. 171, p. 109-119, 1999.

CARNEIRO, P.C.F. et al. Resultados preliminares sobre o jundiá, *Rhamdia quelen*, como espécie importante para a piscicultura na região Sul do Brasil. **Anais...** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 12, 2002, Goiânia. Goiânia:CAUNESP/ESALQ, 403, p.11, 2002.

CARNEIRO, P. C. F. A produção do jundiá em cativeiro. In: BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Santa Maria, Editora UFSM, p.117-141, 2004.

CARLSTEDT, I. et al. Characterization of different glycosylated domains from the insoluble mucin complex of rat small intestine. **Journal Biological Chemistry**, v. 268, p. 18771–18781, 1993.

COELHO, L. S. S. et al. Modelos para estimar exigências nutricionais em suínos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 16, n. 1, p. 102-110, 1987.

COLDEBELLA, I.; RADÜNZ NETO, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v. 32, p. 499-503, 2002.

CORFIELD, A.P. et al. Mucins in the gastrointestinal tract in health and disease. **Frontiers in Bioscience**, v. 6, p. 1321-1357, 2001.

CORRÊIA V. **Otimização de dieta referência para jundiá (*Rhamdia quelen*)**. 2013, 128f. Tese (Doutorado em Zootecnia) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

COWEY, C. B. LUQUET, P., Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical analysis of allowances. In: Prion R. et al., **Proceedings of the fourth international symposium on protein metabolism and nutrition**. France, INRA publications, Les Colloques de 1' INRA, p. 365-384, 1983.

CYRINO J. E. P. et al. Retenção de proteína e energia em juvenis de “Black Bass” *Micropterus salmoides*. **Science Agricola**, v.57, p.609-616, 2000.

DAVIS A. T.; AUSTIC R. E. Threonine imbalance and the threonine requirement of the chicken. **Journal Nutrition**, v. 112, p. 2170-2176, 1982.

DAIRIKI J. K.; DIAS C. T. S.; CYRINO J. E. P. Lysine requirement of largemouth bass, *Micropterus salmoides*: a comparison of methods of analysis of dose-response trials data. **Journal Applied of Aquaculture**, v. 19, n. 4, p. 1-27, 2007.

DeLONG D. C.; HALVER J. E.; MERTZ E. T. Nutrition of salmonid fish. X. Quantitative threonine requeriments of Chinook salmon at two water temperatures. **Journal Nutrition**, v. 76, p. 174-178, 1962.

ELLIS, S.C.; REIGH, R.C. Effects of dietary lipid and carbohydrate levels on growth and body composition of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). **Aquaculture**, v. 97, p.383-394, 1991.

EUCLYDES, R.F.; ROSTAGNO, H.S.; Estimativas dos Níveis Nutricionais Via Experimentos de Desempenho. Nutrição Aves e Suínos. In. WORKSHOP LATINOAMERICANO AJINOMOTO BIOLATINA, 2001, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu. p.77-88, 2001.

FAO - Food Agriculture Organization. **State of world fisheries and aquaculture: 2014.** Rome: FAO. 243p, 2014.

FAURE, M. et al. Dietary threonine restriction specifically reduces intestinal mucin synthesis in rats. **Journal of Nutrition**, v. 135, p. 486-491, 2005

FORSTER, I.; OGATA, H. Lysine requirements of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and juvenile red sea bream *Pagrus major*. **Aquaculture**, v.161, p.131-142, 1998.

FRACALOSSO, D.M.; ZANIBONI FILHO, E.; MEURER, S. No rastro das espécies nativas. **Panorama da Aqüicultura**, Rio de Janeiro, v.12, n. 74, p.43-49, 2002.

FRACALOSSO, D.M. et al. Técnicas experimentais em nutrição de peixes. In: FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. **NUTRIAQUA**. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Aqüicultura e Biologia Aquática, p.37-63, 2012.

FULLER, M. F. et al. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. Br. **Journal of Nutrition**, v. 62, p 225-267, 1989.

FURUYA, W.M., et al. Exigências de proteína para machos revertidos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), na fase juvenil. **Revista Unimar**, v. 18, n.2, p.307-319, 1996.

FURUYA, W.M. et al. Use of ideal protein concept for precision formulation of amino acids level in diets with and without dicalcium phosphate for juvenile Nile tilapia. **Aquaculture Research**, v.35, p.110-1116, 2004.

GIETZEN, D. W. Neural mechanisms in the response to amino acid deficiency. **Journal of Nutrition**, v. 123, p. 610-625, 1993.

GAO, Y. et al. Effects of graded levels of threonine on growth performance, biochemical parameters and intestine morphology of juvenile grass carp *Ctenopharyngodon idella*. **Aquaculture**, v. 424-425, p. 113-119, 2014.

GREEN, J.A.; HARDY, R.W. The optimum dietary essential amino acid pattern for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), to maximize nitrogen retention and minimize nitrogen excretion. **Fish Physiology and Biochemistry**, v.27, p.97-108, 2002.

HARPER, A. E. et al. Effects of ingestion of disproportionate amounts of amino acids. **Physiological Reviews**, v. 50, n. 3, p. 428-558, 1970.

HAYASHI, C. et al. Exigência de proteína digestível para larvas de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), durante a reversão sexual. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.823-828, 2002.

HEIDINGER, R. C.; CRAWFORD, S.D. Effect of temperature and feeding rate on the liver-somatic index of the largemouth bass, *Micropterus salmoides*. **Journal Fish Research Board Canada**, v.34, p.633-638, 1977.

HELLAND, B.G.; LEMME A.; HELLAND, S.J. Threonine requirement for maintenance and efficiency of utilization for threonine accretion in Atlantic salmon smolts determined using increasing ration levels. **Aquaculture**, v. 372-375, p. 158-166. 2013.

HENRY, Y.; SÈVE, B. Feed intake and dietary amino acid balance in growing pigs with special reference to lysine, tryptophan and threonine. **Pig News Information**, v.14, n.3, p.35-43, 1993.

HIGUCHI, L.H. et al. Avaliação eritrocitária e bioquímica de jundiás (*Rhamdia quelen*) submetidos à dieta com diferentes níveis proteicos e energéticos. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, n.1, p.70-75, 2011.

HUAI, M., et al. Quantitative dietary threonine requirement of juvenile Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone) reared in low-salinity water. **Aquaculture research**, v. 40, p. 904-914, 2009.

KAUSHIK, S. J. Whole body amino acid composition of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta maxima*) with an estimation of their IAA requirement profiles. **Aquatic Living Resources**, v. 11, p. 355-358, 1998.

KEEMBIYEHETTY, C.N.I., GATLIN, D.M. Dietary threonine requirement of juvenile hybrid striped bass (*Morone chrysops*♀ × *M. saxatilis*♂). **Aquaculture Nutrition**, v 3, n. 4, p 217-221, 1997.

KIDD M. T.; KERR B. J.; ANTHONY N. B. Dietary interaction between lysine and threonine in broilers. **Poultry Science**, v.76:p. 608–614, 1997.

KIDD M. T. et al. Amino acid density and L-threonine responses in ross broilers. **Poultry Science**, v.4:p. 258–262, 2005.

KIM, K. J. et al. Requirement for lysine and arginine by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). **Aquaculture**, v.106, p.333–344, 1992.

KUBOTA, E.H.; EMANUELLI, T. Processamento do pescado. In: BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Santa Maria, Editora UFSM, p.201-222, 2004.

LAW, G. et al. Gut mucins in piglets are dependent upon dietary threonine. **Advances in Pork Production**. Alberta, Canadá, v. 11, n.10, 2000.

LAZZARI, R. et al. Diferentes fontes protéicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v.36, n.1, p.240-246, 2006.

LEHNINGER A.L.; NELSON D.L.; COX M.M. **Princípios de Bioquímica**, 4 ed. São Paulo, ed. Savier, 2004.

LIEBERT, F.; BENKENDORFF, K. Modelling of threonine and methionine requirements of *Oreochromis niloticus* due to principles of the diet dilution technique. **Aquaculture Nutrition**, v 13, n. 6, p 397–406, 2007.

LOVELL, R.T. Nutrition of Aquaculture species. **Journal of Animal Science**, v.69, p.4193-4200, 1991.

LUZZANA U. et al. Dietary exigência de arginina de salmão prateado alevinos (*Oncorhynchus kisutch*). **Aquaculture**, v. 163, p.137-150, 1998.

MASCHIO D. **Avaliação nutricional de jundiás frente a dietas contendo diferentes níveis de arginina e seu antagonismo lisina/arginina**. 2013, 92f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) –Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

MC LEOD, M. Effects of amino acid balance and energy: protein ratio on energy nitrogen metabolism in male broiler chicken. **British Poultry Science**, Edinburg, v. 38, p. 405-411, 1997.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundia fingerlings, *Rhamdia quelen*, at two dietary energy concentrations. **Aquaculture**, v.240, p.331–343, 2004.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Estimation of jundiá (*Rhamdia quelen*) dietary amino acid requirements based on muscle amino acid composition. **Scientia Agricola**, v. 62, p. 401-405, 2005.

MILLWARD, D.J. The nutritional regulation of muscle growth and protein turnover. **Aquaculture**, v.79, p.1-58, 1989.

MONTES-GIRAO, P. J.; FRACALOSSO, D. M. Dietary lysine requirement as basis to estimate the essential dietary amino acid profile for jundiá, *Rhamdia quelen*. **Journal of World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.

MORRIS, T.R. **Experimental design and Analysis in Animal Sciences**. 8 ed. University of Reading-UK; CABI Publishing, 1999.

MPA - Ministério da Pesca e Aquicultura. **BOLETIM ESTATÍSTICO DA PESCA E AQUICULTURA**, 2011, Brasília, 2013, Disponível em: <http://www.mpa.gov.br/index.php/informacoes-e-estatisticas/estatistica-da-pesca-e-aquicultura>. Acesso em 03 de outubro de 2014.

MUÑOZ-RAMÍREZ, A.P.; CARNEIRO, D.J. Suplementação de lisina e metionina em dietas com baixo nível protéico para o crescimento inicial do pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg). **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p.909-916, 2002.

NAVARRO R. D. et al. Comparação morfométrica e índices somáticos de machos e fêmeas do lambari prata (*Astyanax scabripinnis*) em diferente sistema de cultivo. **Zootecnia Tropical**, v.24, p.22-33, 2006.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Lehninger Principles of Biochemistry**. 5 ed. New York. W. H. Freeman, 2011.

NOSE, T. Summary report on the requirements of essential amino acids for carp. In: HALVER J. E. e TIEWS K., **Finfish Nutrition and Fishfeed Technology**, Berlin, Germania: Heenemann Gmbh, p. 145-156, 1979.

NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. Washington, D.C: National Academy Press, 376p. 2011.

OGINO C. Requirements of carp and rainbow trout for essential amino acids. **Bulletin of the Japanese Society for the Science of Fish**. v. 56, p.171-174, 1980.

OLIVEIRA FILHO, P.R.C.; FRACALOSSO, M.D. Coeficientes de digestibilidade aparente de ingredientes para juvenis de jundiá. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1581-1587, 2006.

OLSEN R. E., et al. The acute stress response in fed and food deprived Atlantic cod, *Gadus morhua*. L. **Aquaculture**, v.280, p.232-241, 2008.

PACHECO M.; SANTOS M. A. Biotransformation, ecotoxic and histopatological effects of environmental contaminants in European eel. *Anguilla anguilla*. **Ecotoxicology and environmental Safety**, v. 53, p. 331-347, 2002.

PARK, J.T.; JOHNSON, M.J. A submicro determination of glucose. **Journal Biological Chemistry**, v. 181, p. 149-151, 1949.

PEDERSEN, C. et al. Studies on the effect of dietary crude protein supply on the composition of ileal endogenous crude protein loss in growing pigs. **Acta Scand. Sect. A**, Animal Science, v.52, p.142-149, 2002.

PIAIA, R.; RADÜNZ NETO J. Avaliação de diferentes fontes protéicas sobre o desempenho inicial de larvas de jundiá *Rhamdia quelen*. **Ciência Rural**, v.27, n.2, p.319-323, 1997.

PORTZ, L. et al. Regressão segmentada como modelo na determinação de exigências nutricionais de peixes. **Scientia Agricola**, v.57, p.601-607, 2000.

PORTZ, L.; FURUYA, W, M. Energia, proteína e aminoácidos. In: FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. **NUTRIAQUA**. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p.65-100, 2012.

RADÜNZ NETO, J. **Criação de Jundiá**. Santa Maria, Editora UFSM, p.143-157, 2004.

RADÜNZ NETO J.; BORBA, M. R. Exigências nutricionais e alimentação do Jundiá. In: FRACALOSSO, D.M.; CYRINO, J.E.P. **NUTRIAQUA**. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, p.241-253, 2012.

RAVI, J.; DEVARAJ, K.V. Quantitative essential amino acid requirements from growth of catla, *Catla catla*. **Aquaculture**, v.96, n.3, p.281-291, 1991.

REEDS, P.J. et al. Intestinal glutamate metabolism. **Journal of Nutrition**, n.130, p.978-982, 2000.

RIEGEL, R. E. **Bioquímica**. 3 Ed. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2001. 548 p.

ROBBINS, K.L.; NORTON, H.W.; BAKER, D.H. Estimation of nutrient requirements from growth data. **Journal of Nutrition**, v.109, p.1710-1714, 1979.

ROBERTS, R. J.; ELLIS A. E. The anatomy and physiology of teleosts. In: ROBERTS R. E. **FISH PATHOLOGY**, London, Bailliere Tindall, p.13-55, 1989.

ROBINSON, E.H.; WILSON, R.P. Nutrition and feeding. In: TUCKER, C.S. (Ed.), **Channel catfish culture**. New York: Elsevier, p.323-404, 1985.

RODEHUTSCORD, M. et al. Response of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) to supplements of individual essential amino acids in a semipurified diet, including an estimate of the maintenance requirement for essential amino acids. **Journal of Nutrition**, v.127, p.1166-1175, 1997.

ROLLIN, X. et al. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. **British Journal of Nutrition**, v. 90, p. 865-876, 2003.

ROSSATO S. et al. Incorporação de farinhas de resíduos de Jundiá na dieta: bioquímica plasmática, parâmetros hepáticos e digestivo. **Ciência Rural**, v. 43, n. 6, p. 1063-1069. 2013.

ROSTAGNO, H.S. et al. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36, suplemento especial, p.295-304, 2007.

ROTILI D. A. **Exigência em metionina para juvenis de jundiá**. 2014, 88f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: *Funep*, 283p. 2007.

SALHI, M. et al. Growth, feed utilization and body composition of black catfish, *Rhamdia quelen*, fry fed diets containing different protein and energy levels. **Aquaculture**, v. 231, p. 435-444, 2004.

SANTIAGO, C.B.; LOVELL, R.T. Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. **Journal of Nutrition**, v.118, p.1540-1546, 1988.

SAS. **Statistical Analysis System**. User's Guide. Version 8.02. SAS Institute INC. North Caroline, SAS, 3864p. 2013.

SHEARER, K.D. Experimental design, statistical analysis and modeling of dietary nutrient requirement studies for fish: a critical review. **Aquaculture Nutrition**. v. 6, p. 91-102, 2000.

SILVA, L.C.R. et al. Níveis de treonina em rações para tilápias-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1258-1264, 2006.

SIMMONS L. et al., Dietary methionine requirement of juvenile Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.). **Aquaculture Nutrition**, v.5, p. 93-100, 1999.

SMALL B.C.; SOARES J.H. Quantitative dietary threonine requirement of juvenile striped bass *Morone saxatilis*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v.30, p. 319-323, 1999.

SMALL, B. C.; SOARES, J. H. Quantitative dietary lysine requirement of juvenile striped bass (*Morone saxatilis*). **Aquaculture Nutrition**, v. 6, p. 207-212, 2000.

SPIES, J.R. Colorimetric procedures for amino acids. **Methods in Enzimology**, v.3, p.467-477, 1957.

STINGELIN, L. A.; MIOTTO, H. C.; POUHEY, J. L.O. Rendimento de carcaça e carne do jundiá (*Rhamdia sp*) na faixa de 300 – 400g. de peso total cultivado na densidade de 1 peixe/m². In: Congresso de Iniciação Científica, 7, 1998, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL/UCPEL/FURG, p.332, 1998

STOLL, B. et al. Catabolism dominates the first-pass intestinal metabolism of dietary essential amino acids in milk protein-fed piglets. **Journal of Nutrition**, v. 128, p. 606-614, 1998.

TIBALDI E.; TULLI F. Dietary threonine requirement of juvenile European sea bass, (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, v.175, p.155-166, 1999.

TEIXEIRA, E.A. et al. Composição corporal e exigências nutricionais de aminoácidos para alevinos de tilápia (*Oreochromis* sp.). **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal**, v.9, n.2, p. 239-246, 2008.

UMIGI, R.T. et al. Níveis de treonina digestível em dietas para codorna japonesa em postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1868-1874, 2007.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia de reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática**. Nupélia, Maringá, 169 p., 1996.

VERDOUW, H.; VANECHTELD, C.J.A.; DECKKERS, E.M.J. Ammonia determinations based on indophenol formation with sodium salicylate. **Water Research**, v.12, p. 399-402, 1978.

WILSON, R.P. et al. Effect of dietary pH on amino acid utilization and the lysine requirement of fingerling Channel catfish. **Journal Nutrition**, v 107, p.166–170, 1977.

WILSON, R.P. et al. Tryptophan and threonine requirements of fingerling Channel catfish. **Journal of Aquaculture**, v.108, p. 1595-1599, 1978.

WILSON, R.P. Amino acids and proteins. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. **Fish Nutrition**. 3 ed., New York: Academic Press, p.143–179, 2002.

YAMASHITA, K.; ASHIDA K. Effect of levels of lysine and threonine on the metabolism of these amino acids in rats. **Journal Nutrition**, v.101, p.1607-1614, 1971.

ZHOU et al. Dietary threonine requirements of juvenile Pacific White shrimp, *Litopenaeus vannamei*. **Aquaculture**, v. 392-395, p. 142-147, 2013.