

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

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE JUNDIÁS FRENTE A DIETAS
CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE ARGININA E SEU
ANTAGONISMO LISINA/ARGININA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DANIEL MASCHIO

SANTA MARIA, RS, BRASIL

2013

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE JUNDIÁS FRENTE A DIETAS
CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE ARGININA E SEU
ANTAGONISMO LISINA/ARGININA**

Daniel Maschio

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Área de Concentração em Produção Animal na Subárea de Piscicultura, 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
2013**

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Maschio, Daniel

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE JUNDIÁS FRENTE A DIETAS
CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE ARGININA E SEU ANTAGONISMO
LISINA/ARGININA / Daniel Maschio.-2013.

92 f.; 30cm

Orientador: João Radünz Neto

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, RS, 2013

1. Jundiá (Rhamdia quelen) 2. Nutrição de peixes 3.
Exigências em aminoácidos 4. Arginina 5. Lisina I.
Radünz Neto, João II. Título.

**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**

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE JUNDIÁS FRENTE A
DIETAS CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE ARGININA E
SEU ANTAGONISMO LISINA/ARGININA**

elaborada por
Daniel Maschio

como requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

COMISSÃO EXAMINADORA

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

Rafael Lazzari, Dr. (UFSM)

Ivanir José Coldebella, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, 22 de fevereiro de 2013.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, Nelson Antonio Maschio (**In memorian**), e a minha mãe, Salette Zanin Maschio que acompanhou toda minha trajetória, apoiando todas as minhas decisões. Sem dúvidas está conquista também é dela.

Especialmente ao professor Dr. João Radünz Neto, pela amizade, orientação neste trabalho e por contribuir para o meu crescimento profissional e pessoal, sempre com muita disposição e conselhos positivos, serei eternamente grato.

Ao professor Dr. Rafael Lazzari por colaborar em praticamente todas as etapas que deram origem a minha dissertação.

A Universidade Federal de Santa Maria, a coordenação e professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em especial aos professores Paulo Pacheco e José Henrique Souza da Silva.

A toda equipe do Laboratório de Piscicultura da UFSM, a Maria, funcionária exemplar que sempre esteve disposta a auxiliar no andamento das atividades de pesquisa. Muito obrigado, Fábio Pedron, Viviani Correia, Cátia Vieverberg, Suzete Rossato, Suziani Martinelli, Alexandra Pretto, Giovani Bergamim e Ivanir Coldebella que participaram de toda minha jornada na Piscicultura da UFSM.

Em especial a Alexandra, Suziani e Viviani que desenvolveram seus experimentos na mesma época em que executei os meus, sentirei saudades das risadas e dos bons tempos que convivi com vocês.

Agradeço Suzete Rossato, Daniel Rotilli, Sérgio Dos Santos, Julio Baraldi, Lucas Nunes e Caroline Speroni, pela amizade e pela dedicação com os meus experimentos.

Aos professores Carlos Augusto Mallmann e Marcelo Leite da Veiga e todos os acadêmicos e funcionários que colaboraram na realização das análises.

A Ajinomoto pela colaboração com parte das matérias primas e ao CNPq por minha bolsa de mestrado e de pesquisa (Pq1D) ao professor João Radünz Neto.

Muito Obrigado!!!

RESUMO

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

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO JUNDIÁS FRENTE A DIETAS CONTENDO DIFERENTES NÍVEIS DE ARGININA E SEU ANTAGONISMO LISINA/ARGININA

AUTOR: DANIEL MASCHIO

ORIENTADOR: JOÃO RADÜNZ NETO

Data e local da defesa: Santa Maria, 22 de fevereiro de 2013

O objetivo deste trabalho foi avaliar o nível ótimo de inclusão de arginina e a relação de antagonismo entre os aminoácidos lisina e arginina em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), e para isso foram estudadas variáveis de desempenho zootécnico, composição e retenção de nutrientes, parâmetros bioquímicos, hepáticos e digestivos. O primeiro experimento teve duração de 45 dias, foi conduzido no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria, em sistema de recirculação de água, utilizando-se 24 tanques de 280 L, cada qual equipado com duas unidades experimentais (tanques-rede com volume útil de 15 L), cada unidade foi povoada com 12 peixes (peso inicial de $2,00 \pm 0,04$ g). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial dois por seis, sendo que para 4,5% e 5,1% de lisina foram utilizados os seguintes níveis de arginina: 2,5, 3,0, 3,6, 4,3, 5,0 e 5,6% (da fração proteica), totalizando 12 tratamentos com 4 repetições. O segundo experimento teve duração de 49 dias, seguindo a mesma metodologia do primeiro variando os níveis de inclusões de arginina e mantendo o teor de lisina fixo em 6,65% da fração proteica, testando seis níveis crescentes de arginina: 4,20, 4,65, 5,0, 5,35, 5,65 e 6,00% cada um com 4 repetições. Cada unidade foi povoada com 15 peixes (peso médio $3,00 \pm 0,3$ g). No primeiro estudo com base nos resultados obtidos pelas equações de regressão polinomial, concluímos que a combinação de 5,1% de lisina com 4,6% de arginina proporcionou melhor desempenho associado a maior rendimento de carcaça e menor deposição de gordura corporal. Já o segundo estudo que manteve lisina fixa em 6,65% (proteína), encontrou-se melhor resposta à inclusão de arginina em 5,8% da fração proteica das dietas.

Palavras Chave: Regressão polinomial, desempenho zootécnico, parâmetros bioquímicos, parâmetros hepáticos e parâmetros digestivos.

ABSTRACT

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

NUTRITIONAL EVALUATION OF SOUTH BRAZILIN CATFISH FRONT DIETS CONTAINING DIFFERENT LEVELS OF ARGININE AND STUDY OF ANTAGONISM LYSINE / ARGININE

AUTHOR: DANIEL MASCHIO

ADVISER: JOÃO RADÜNZ NETO

Date and Defense Place: Santa Maria February 22, 2013

The objective of this study was to evaluate the optimum addition level of arginine and the relationship of antagonism between amino acids arginine and lysine in diets for juvenile south brazilin catfish (*Rhamdia quelen*) for variables that were studied live performance, composition and nutrient retention, biochemical parameters, liver and digestive. The first trial lasted 45 days, was conducted in the fish farming Laboratory of Federal University of Santa Maria, in water recirculation system, using 24 280 l tanks, each equipped with two experimental units (cages with useful volume of 15 l), each unit was populated with 12 fish (initial weight of 2.00 ± 0.04 g). The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement of two for six, and to 4.5% and 5.1% lysine were used following arginine levels: 2.5, 3.0, 3.6, 4, 3, 5.0 and 5.6%, totaling 12 treatments with 4 replicates. The second experiment lasted 49 days, following the same methodology as the first varying levels of inclusions arginine, lysine content keeping fixed at 6.65% of the protein fraction, testing six increasing levels of arginine: 4.20, 4.65, 5.0, 5.35, 5.65 and 6.00% each with four replications. Each unit was populated with 15 fish (mean weight 0.3 ± 3.00 g). In the first study based on the results obtained by polynomial regression equations, we conclude that the combination of 5.1% to 4.6% lysine with arginine provided better performance associated with greater carcass yield and lower body fat deposition. The second study that remained fixed in 6.65% lysine (protein), found better response to the inclusion of 5.8% arginine in the protein fraction of the diet.

Keywords: Polynomial regression, growth performance, biochemical parameters, liver parameters and digestive parameters.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I.....	22
Figura 1. PF, TCE e GMD em ambos cenários estudados	34
Figura 2. TEP e EA (4,5% das frações proteicas em lisina).....	35
Figura 3. CP de juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.....	36
Figura 4. CRP e DPC (4,5% da fração proteica em lisina).	38
Figura 5. DGC em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.....	39
Capítulo II.....	52
Figura 6. PF, CT, GMD e TCE	62
Figura 7. CAA em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina.....	63
Figura 8. RC e IDS	64
Figura 9. DPC em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina	66
Figura 10. Retenção de lisina (RLis)	67
Anexos.....	84
Figura 11. Cortes histológicos do intestino médio de juvenis de jundiá.	89
Figura 12. Cortes histológicos do intestino médio de juvenis de jundiá.	89
Figura 13. Cortes histológicos do intestino médio de juvenis de jundiá.....	90
Figura 14. Cortes histológicos do intestino médio de juvenis de jundiá.	90
Figura 15. Ingredientes semipurificados utilizados para a confecção das rações.	91
Figura 16. Circuito de recirculação de água equipado com os tanques-rede.	91
Figura 16. Juvenis de jundiá dentro dos tanques-rede.....	92
Figura 16. Obtenção dos rendimentos corporais.	92

LISTA DE TABELAS

Capítulo I.....	22
Tabela 1. Formulação das dietas experimentais (%).	28
Tabela 2. Desempenho zootécnico de juvenis de jundiás	33
Tabela 3. EA e TEP de juvenis de jundiás	35
Tabela 4. Parâmetros corporais de juvenis de jundiás.....	37
Tabela 5. Composição centesimal dos juvenis de jundiás.....	38
Tabela 6. CRP e DPC em juvenis de jundiá.....	39
Tabela 7. Retenção de lisina e arginina	40
Tabela 8. Glicogênio e proteína hepática em juvenis de jundiás	42
Tabela 9. Proteína hepática em juvenis de jundiás	42
Capítulo II.....	53
Tabela 10. Formulação das dietas experimentais (%).	58
Tabela 11. FC, CAA, EA, TEP e S em juvenis de jundiás.....	63
Tabela 12. Parâmetros corporais de juvenis de jundiás.....	64
Tabela 13. Parâmetros bromatológicos em juvenis de jundiás.....	65
Tabela 14. Retenção de lisina e arginina.	66
Tabela 15. Proteínas totais, aminoácidos livres, amônia, glicogênio, glicose, TGP e TGO.	67
Tabela 16. Proteína, albumina, aminoácidos livres e globulinas plasmáticas	68
Anexos.....	88
Tabela 17. Perfil de aminoácidos (%) essenciais (Capítulo I).....	88
Tabela 18. Perfil de aminoácidos (%) essenciais (Capítulo II).	88

LISTA DE ABREVIATURAS

AA - Aminoácidos
AAE- Aminoácido essencial
Arg. – Arginina
CP- Comprimento padrão
CRP- Coeficiente de retenção proteica
CT- Comprimento total
DGC- Deposição de gordura celomática
DPC- Deposição proteica corporal
EA- Eficiência alimentar
EM – Energia metabolizável
FC- Fator de condição
Glic. – Glicogênio
GMD- Ganho médio diário (g)
IDS- Índice digestivo somático
IHS – Índice hepato somático
Lis. –Lisina
ln- Logaritmo neperiano
LIP- Lipídio
mg- Miligrama
MM- Matéria mineral
MS- Matéria seca
PB – Proteína bruta
PMF- Peso médio final (g)
QI – Quociente intestinal
QME – Quadrado médio do erro
RC- Rendimento de carcaça
Rlis. – Retenção de lisina
S- Sobrevivência
TCE- Taxa de crescimento específico (%)
TEP- Taxa de eficiência proteica
TGP- Alanina aminotransferase

TGO- Aspartato aminotransferase

UM- Umidade

μm - Micrometro

r^2 - Coeficiente de determinação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	11
2. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO	13
2.1. Demanda de pescado	13
2.2. Jundiá (<i>Rhamdia quelen</i>)	14
2.3. Nutrição de Peixes – Proteínas e aminoácidos	14
2.4. Arginina	17
2.5. Lisina	18
2.6. Antagonismo “Lisina x Arginina”	19
3. CAPÍTULO I	21
3.1. Introdução	24
3.2. Material e métodos.....	26
3.3. Resultados	32
3.4. Discussão	43
3.5. Agradecimentos	47
3.6. Referências bibliográficas.....	48
4. CAPÍTULO II	52
4.1. Introdução	55
4.2. Material e métodos.....	56
4.3. Resultados	62
4.4. Discussão	68
4.5. Agradecimentos	71
4.6. Referências Bibliográficas	71
5. DISCUSSÃO GERAL	75
6. CONCLUSÕES GERAIS	81
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
8. ANEXOS	88

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção de pescado oriunda do extrativismo já se encontra estagnada e sem perspectiva de crescimento desde o início da década de 90, no entanto o consumo de organismos aquáticos está crescendo cada vez mais. A piscicultura mundial cresceu 60,2%, no período de 2007 a 2009 e o Brasil encontra-se em destaque nesse segmento, fazendo parte do elevado crescimento desta atividade na última década (MPA, 2010).

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie promissora, principalmente na Região Sul do Brasil onde o clima limita o cultivo de muitas espécies. Um aspecto negativo ao seu cultivo é a escassez de estudos voltados à determinação de exigências nutricionais, ocultando seu verdadeiro potencial. Desse modo, para que a demanda de pescado seja suprida pelo cultivo é crucial que a atenção seja voltada à nutrição dos peixes, uma vez que segundo Wilson (2002) a alimentação pode representar de 30 a 90% do custo de produção, estando diretamente ligada a viabilidade econômica dos sistemas de cultivo.

Os estudos a respeito de exigências nutricionais em peixes podem ser realizados de formas independentes (incremento, redução ou remoção do nutriente avaliado), estes trabalhos geralmente são executados com a utilização de ingredientes semipurificados, proporcionando um controle máximo da composição das dietas experimentais e em particular do nutriente estudado (NRC, 2011).

A proteína tem sido um dos componentes mais estudados quando tratamos de nutrição de peixes, seu consumo faz com que através da digestão sejam obtidos aminoácidos, estes são absorvidos pelo trato intestinal e utilizados na síntese de vários tecidos. Todavia quando os aminoácidos não suprem as exigências, o reflexo é uma queda no crescimento e perda de peso (WILSON, 2002). Nesse contexto, estudos referentes a exigências nutricionais, mais especificamente em aminoácidos se fazem fundamentais para exploração adequada das espécies promissoras à piscicultura.

A primeira tentativa de identificação das necessidades aminoacídicas do jundiá partiu de Meyer e Fracalossi (2005), que realizaram a estimativa das exigências em aminoácidos para a espécie, comparando-as com as exigências de outros peixes onívoros e com o perfil de aminoácidos corporal. Em seguida Montes-Girao e Fracalossi (2006) com dietas semipurificadas e metodologia de dose resposta, definiram a exigência em lisina para o Jundiá e aplicando este resultado fórmula de proteína ideal que estima a exigência dos demais

aminoácidos para esta espécie. Porém esta estimativa pode ser bastante genérica podendo estes valores divergirem quando comparados às informações obtidas em ensaios biológicos.

De modo geral, a lisina é utilizada exclusivamente para a síntese de tecido muscular, além disso, é o mais limitante na maioria das fontes de origem vegetal, sendo amplamente utilizada no mercado de rações. A soma destes fatores faz com que seja o aminoácido mais estudado quando tratamos de exigências aminoacídicas em peixes (AMBARDEKAR; REIGH, 2007).

Arginina é um aminoácido básico essencial para peixes, ao contrário da lisina, não possui uma única via metabólica, está envolvida em uma série de funções biológicas importantes, tais como, síntese de proteínas, produção de ureia, metabolismo do ácido glutâmico e prolina, síntese de creatina, óxido nítrico e poliaminas desempenhando um importante papel nos processos anabólicos (WAN et al., 2006). Diversos estudos têm sido conduzidos a respeito dos reflexos à adição de arginina em dietas para peixes. Segundo o NRC (2011) sua exigência se dá na faixa de 1% a 3% das dietas (3% a 6% da fração proteica).

Lisina e arginina possuem uma relação de antagonismo, este fenômeno se dá principalmente pelo excesso de lisina nas dietas, podendo ser observado em várias espécies de animais, como, galinhas, ratos, porcos e cães (BAKER, 2007). Lisina e arginina são transportados pelo mesmo carreador aminoacídico dibásico e a competição entre esses dois aminoácidos pode afetar na absorção, transporte e no metabolismo dos peixes (KAUSHIK; FAUCONNEAU, 1984).

Tendo em vista o contexto abordado, para que possamos explorar de forma eficaz o potencial do jundiá, e como consequência impulsionar a piscicultura com espécies nativas na região sul do Brasil, os autores deste trabalho tiveram como objetivo avaliar a inclusão de níveis crescentes de arginina sob diferentes níveis de lisina, estimando assim a exigência nutricional do primeiro, bem como verificar a existência de antagonismo entre ambos os aminoácidos estudados. Os objetivos específicos do trabalho foram:

Estudar o desempenho zootécnico dos jundiás alimentados com diferentes relações lisina/arginina, determinar a composição centesimal, coeficiente de retenção proteica e as taxas de retenção aminoácidos essenciais em jundiás alimentados com diferentes relações lisina/arginina, avaliar a resposta metabólica dos jundiás frente à variação dos níveis de lisina e arginina na alimentação e verificar se a alteração dos níveis de lisina e arginina na dieta causa alterações na morfometria intestinal dos jundiás.

2. ESTUDO BIBLIOGRÁFICO

2.1. Demanda de pescado

A produção de pescado oriunda do extrativismo encontra-se estagnada desde o início da década de 90 e hoje por uma série de motivos, não apresenta perspectivas de crescimento, apesar disso, a busca por pescado está crescendo cada vez mais.

Atualmente o consumo mundial de organismos aquáticos está em torno de 17 kg/habitante/ano, contribuindo com 20,01% do total de proteína de origem animal consumida no mundo (MPA, 2010). Estima-se que em 2030 o consumo do pescado atinja 20 kg/habitante ano. Além deste aumento per capita, a demanda por esses produtos também será afetada em virtude do crescimento populacional, sendo assim o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias que busquem aprimorar a obtenção destes produtos se torna crucial.

O consumo brasileiro de pescado encontra-se próximo a 9 kg/habitante/ano. A partir de 1999, os levantamentos estatísticos vêm apontando um crescimento satisfatório desse saudável hábito alimentar, destacando o período de 2003 a 2009 quando o consumo aparente expandiu cerca de 5,7% ao ano (MPA, 2010). Todavia ainda está muito aquém das recomendações da Organização Mundial da Saúde (OMS) que considera subnutridas as pessoas que consomem menos de 12 Kg de pescado ao ano .

Sabendo que a produção de pescado por extrativismo encontra-se estagnada, a aquicultura passa a ter maior representatividade, buscando tecnologias adequadas para que seja possível o aumento da produtividade através do cultivo, atendendo o crescimento da demanda de pescado mundial (TEIXEIRA et al, 2008).

A piscicultura mundial cresceu 60,2%, no período de 2007 a 2009 e ao Brasil cabe uma grande responsabilidade neste segmento, porque possui água em quantidade e qualidade, clima favorável, além de uma diversidade de espécies nativas com potencial à piscicultura (MPA, 2010). Aliando esses fatores ao desenvolvimento de práticas de manejo e a nutrição destes organismos será possível contribuir positivamente na crescente demanda de pescado projetada para as próximas décadas.

2.2. Jundiá (*Rhamdia quelen*)

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie promissora, principalmente na região sul do Brasil onde o clima limita o cultivo de muitas espécies. Pertencente à ordem dos siluriformes, sua distribuição se dá desde a região sudeste do México até a região central da Argentina (BALDISSEROTTO et al., 2010). Entre outros pontos positivos, sua tolerância ao frio, demonstrando apetite até mesmo nas épocas mais frias do ano (COLDEBELLA; RADÜNZ NETO, 2002), faz com que seja uma das espécies brasileiras mais cultivadas.

No entanto adaptação a diferentes condições climáticas não é o bastante quando o objetivo de um cultivo é o retorno financeiro. Para isto, além de um baixo custo de produção, o pescado deve ser aceito pelo consumidor, o que é facilmente evidenciado, já que a carne do jundiá é de excelente qualidade e sabor, não possuindo as indesejáveis espinhas intramusculares (KUBOTA; EMANUELLI, 2004). Esse contexto faz do jundiá uma das espécies nativas mais estudadas e desperta tanto o interesse de pesquisadores quanto piscicultores sul brasileiros.

2.3. Nutrição de Peixes – Proteínas e aminoácidos

Para alcançar o sucesso na piscicultura se faz necessário o uso de uma série de ferramentas. Entre elas o conhecimento da nutrição merece uma atenção especial. Dependendo do sistema de cultivo adotado a alimentação dos peixes pode representar de 30 a 90% do custo de produção e está diretamente relacionada com o sucesso ou fracasso da atividade (WILSON, 2002). A nutrição também traz reflexos no impacto ambiental gerado pela piscicultura, uma vez que o desbalanço de nutrientes acarreta um menor aproveitamento das rações, aumentando a excreção de nutrientes para o meio de cultivo.

Fatores internos como espécie, sexo, faixa etária e estado fisiológico bem como fatores externos ligados ao clima surtem influência direta nas exigências nutricionais desses organismos. De modo geral, as fases iniciais caracterizam-se por um maior aporte nutricional devido as aceleradas taxas de crescimento (CYRINO et al., 2004). O uso de dietas balanceadas permite uma melhor resposta dos peixes a sua alimentação, trazendo não apenas

viabilidade econômica, mas também a diminuição das perdas de nutrientes para o meio, portanto a dieta adequada também pode ser uma ferramenta para alcançar a sustentabilidade na piscicultura (LAZZARI et al., 2006).

Entre os nutrientes estudados, as proteínas são de extrema importância. Naturalmente são classificadas como as macromoléculas mais abundantes ocorrendo em todas as células e participando de uma série de importantes funções biológicas (LEHNINGER, 2007). Como nutriente, a proteína ingerida passará por diferentes processos de hidrólise, resultando em peptídeos e aminoácidos livres, os quais serão absorvidos pelo epitélio intestinal e distribuídos através da corrente sanguínea até os órgãos e tecidos.

Portanto os peixes consomem proteína para a obtenção de aminoácidos e peptídeos que possuem em um primeiro momento, a responsabilidade pelas demandas vitais dos organismos. Atendendo as exigências de manutenção, o restante será direcionado a uma das funções mais nobres dentro da produção piscícola que é a síntese proteica (PARSONS; BAKER, 1994).

A exigência em proteína para os peixes é maior do que para os mamíferos terrestres, podendo os ingredientes proteicos compor 60% das rações. Desse modo, deve ser determinada de maneira precisa, pois além de onerosa, sua insuficiência pode refletir em redução do crescimento, ou até mesmo perda de peso, quando não é atendida a demanda mínima vital (WILSON, 2002). Todavia seu excesso ou desbalanceamento resulta em não aproveitamento para a função nobre deste nutriente, pois será catabolizado, convertido em gordura e aumentará a excreção de nitrogênio amoniacal.

Os aminoácidos são de extrema importância, uma vez que muitos deles não são sintetizados ou então a sua síntese não se dá em tempo suficiente para que suas demandas sejam supridas. A esses aminoácidos se dá a classificação de essenciais e necessitam ser obtidos através da dieta. São eles, a arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina. Cistina e tirosina são considerados condicionalmente essenciais. Alanina, ácido aspártico, glutamina, ácido glutâmico, glicina, prolina e serina são considerados não essenciais ou dispensáveis (BICUDO 2008).

A formulação de dietas balanceadas para peixes exige estudos a respeito de suas exigências nutricionais que podem ser executados de formas independentes (incremento, redução ou remoção do nutriente avaliado). De modo geral para estes trabalhos recomenda-se a utilização de dietas semipurificadas. Os ingredientes mais utilizados na composição proteica destas dietas são caseína e gelatina. Eles proporcionam um controle máximo da composição

das dietas experimentais e em particular do nutriente estudado, o que possibilita avaliar de forma isolada a sua relação com as variáveis estudadas (NRC, 2011).

Apesar da sua importância econômica, produtiva e ambiental, os estudos referentes às exigências nutricionais do jundiá são escassos. É importante ressaltar alguns trabalhos, como Meyer e Fracalossi (2004), que determinaram uma exigência proteica de 37,3 ou 32,6% para 3200 e 3650 kcal EM/Kg respectivamente. Salhi et al. (2003) encontraram resultado semelhante para exigência proteica, observando um melhor resultado ao o nível de 37%. Neste trabalho que teve duração de 30 dias, os animais iniciaram com cerca de 0,30 g e os melhores tratamentos terminaram com aproximadamente 1,40 g, e uma TCE próxima a 5%. Ambos os trabalhos utilizaram dietas semipurificadas e metodologia de dose resposta.

Como o objetivo da ingestão proteica é a obtenção de aminoácidos, fica claro que estes surtem efeito no aproveitamento das dietas, podendo a utilização adequada destes minimizar os desperdícios durante o ciclo produtivo.

A primeira tentativa de identificação das necessidades aminoacídicas do jundiá partiu de Meyer e Fracalossi (2005), que realizaram a estimativa das exigências em aminoácidos para a espécie, relacionando as exigências de outros peixes onívoros com perfil de aminoácidos corporal de jundiás selvagens e cultivados.

Montes-Girao e Fracalossi (2006) determinaram a exigência em lisina para o jundiá. Para isso foram utilizados dois modelos estatísticos para analisar os dados, concluindo por regressão segmentada (*broken line*) uma exigência de 4,5% da proteína, e por regressão polinomial foi encontrada a exigência de 5,1%. Os autores deste trabalho também estimaram a exigência dos demais aminoácidos considerados essenciais aos peixes submetendo o resultado para lisina juntamente com perfil de aminoácidos encontrado no tecido muscular do jundiá a fórmula de proteína ideal. No entanto essa abordagem apenas estima a exigência dos demais aminoácidos podendo o resultado diferir do obtido em ensaios biológicos.

Considerando o tema abordado não restam dúvidas de que estudos referentes a exigências nutricionais são de extrema importância para exploração eficaz do jundiá, pois assim será possível obter rações de maior qualidade, maximizando o aproveitamento dos nutrientes, bem como diminuindo perdas para o meio ambiente causadas por desbalanço dietético.

2.4. Arginina

A arginina, assim como lisina e histidina, são aminoácidos pertencentes ao grupo dos carregados positivamente. Esses aminoácidos caracterizam-se por possuírem carga positiva quando encontrados em meio neutro (pH 7) e junto com os carregados negativamente, são os grupos de maior afinidade à água (LEHNINGER, 2007).

É codificada pelo código genético, logo faz parte dos componentes proteicos dos seres vivos. Pode ser sintetizada a partir de compostos como citrulina e ornitina, por isso é considerada não essencial para algumas espécies, ou essencial apenas em estados fisiológicos que demandam maior aporte nutricional (FLINN et al., 2002).

Para peixes é um aminoácido essencial (TULLY et al., 2007; KUÇUKBAY et al., 2008) e está envolvido em uma série de rotas metabólicas tais como a síntese de proteínas, produção de ureia, metabolismo do ácido glutâmico e prolina, síntese de creatina, óxido nítrico e poliaminas desempenhando um importante papel nos processos anabólicos (WAN et al., 2006).

Nos peixes de água doce também pode ser verificada a atividade do ciclo da ureia, que é uma via para síntese endógena de arginina, todavia quando comparada ao ciclo da ureia em mamíferos, essa síntese é pouco representativa. Poucos são os estudos que comprovam a existência de um ciclo da uréia ativo em peixes. Através deste ciclo a arginina pode ser formada após uma série de reações catalisadas por enzimas e outros compostos como ornitina e citrulina. Desta forma, assim como ocorre em alguns mamíferos, a arginina oriunda desse ciclo pode suprir a deficiências causadas por má alimentação (BERG et al., 2004).

Diversos estudos têm sido conduzidos a respeito dos reflexos à adição de arginina em dietas para peixes. Segundo o NRC (2011), sua exigência se dá na faixa de 1% a 3% das dietas (3% a 6% da fração proteica). Khan e Abidi (2011) avaliaram o crescimento, a retenção de nutrientes e parâmetros metabólicos em *Heteropneustes fossilis*, alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta. Para este trabalho que teve duração de 12 semanas, foram utilizadas dietas semipurificadas (gelatina, albumina, dextrina e óleo de fígado de bacalhau), onde os tratamentos diferenciam-se apenas pelo nível de inclusão de arginina. Foi observada resposta positiva à medida que o nível de arginina da dieta aumentava, chegando à resposta máxima com 21 g de arginina por kg de ração.

Outros autores encontraram resposta semelhante para espécies diferentes, sendo otimizado o desempenho à medida em que se elevava o nível de arginina da dieta, até o ponto de máxima eficiência, a partir do qual é verificada queda no desempenho (MD. SHAH et al. 2002; SINGH; KHAN, 2007; AHMED; KHAN, 2004).

2.5. Lisina

Ao contrário da arginina que está envolvida em uma série de rotas metabólicas, a lisina é utilizada exclusivamente para a síntese de tecido muscular, é o mais limitante na maioria das fontes de origem vegetal, além disso, as análises laboratoriais para a determinação de seus níveis em ingredientes são bastante precisas, sendo a sua forma sintética amplamente utilizada no mercado de rações. A soma destes fatores faz com que seja o aminoácido mais estudado quando tratar-se de exigências aminoacídicas em peixes (AMBARDEKAR; REIGH, 2007).

Para o crescimento é o aminoácido mais importante entre os aminoácidos essenciais podendo ser utilizado como referência, pois não há nenhum mecanismo de síntese endógena do mesmo. As fontes proteicas utilizadas na elaboração de ração para peixes devem suprir a exigência de cada espécie. Em caso contrário pode-se suplementar as dietas com a forma livre deste aminoácido. Dietas com níveis adequados de lisina resultam em maior sobrevivência, maior ganho de peso além de evitar problemas como erosão ou deformação das nadadeiras que podem surgir em decorrência da sua carência (HALVER; HARDY, 1989).

Segundo o NRC (2011), a exigência em lisina para peixes varia entre 1,2 a 2,9% das dietas (3,7 a 6,1% em relação à fração proteica das dietas). Rodehutsord et al. (2000) observaram que a forma de aminoácido cristalino L-lisina.HCl encontra-se 100% disponível para trutas arco-íris, encontrando como resposta à sua suplementação um aumento na concentração proteica e uma diminuição do teor lipídico corporal.

Dentre os estudos relacionados para a determinação das exigências em aminoácidos para espécies nativas ressaltam-se os trabalhos com jundiá, já citados no item 2.3, e o trabalho realizado por Bicudo et al. (2009) com rações semipurificadas para Pacu, *Piaractus mesopotamicus*, onde concluíram que a exigência em lisina se encontra na faixa de 4,4 a 4,7% (proteína da dieta). Além da exigência foi verificado maior deposição de gordura

acompanhada de menor teor proteico nos animais alimentados com as menores inclusões de lisina testadas.

2.6. Antagonismo “Lisina x Arginina”

Na nutrição animal, antagonismo entre aminoácidos é um fenômeno que se dá quando o excesso de um determinado aminoácido na dieta pode causar influencia na absorção de outros aminoácidos de estrutura semelhante. Esta relação pode resultar em efeitos moderados como diminuição do crescimento, conversão e eficiência alimentar, ou em casos mais severos, leva a lesões no corpo e nas nadadeiras ou até mesmo a morte dos peixes (BICUDO, 2008).

Lisina e arginina protagonizam um dos mais clássicos casos de antagonismo ou desbalanço aminoacídico. Esse fenômeno pode ser observado em várias espécies de animais, como, galinhas, ratos, porcos, cães e peixes (BAKER, 2007).

Conforme a descrição encontrada em Lehninger (2007) ambos pertencem ao grupo dos carregados positivamente e possuem estrutura química semelhante (Respectivamente $C_6H_{14}N_2O_2$ e $C_6H_{14}N_4O_2$). Berge et al. (1999) comprovaram através de estudos *in vitro*, utilizando intestinos de salmão do atlântico que lisina e arginina são transportados pelo mesmo transportador difásico na membrana das bordas em escova no intestino.

Além da competição intestinal, Berger et al. (1998) concluíram que altas concentrações de lisina podem estimular a ação da enzima arginase no fígado dos peixes. A arginase tem sua ação na decomposição da arginina em ureia e ornitina. Portanto quando estimulada haverá quebra intensificada de arginina e a oferta deste aminoácido para a síntese proteica será prejudicada.

Segundo Kaushik e Fauconneau (1984) o desbalanço lisina/arginina pode afetar a absorção, transporte e o metabolismo dos peixes. Kaushik et al. (1998) observaram em truta arco-íris, a diminuição da digestibilidade da lisina nos tratamentos com maior adição de arginina. Atribuíram a este resultado a competição entre esses aminoácidos, identificando este problema como antagonismo lisina/arginina.

No entanto são poucos os trabalhos que objetivam o entendimento desta interação em peixes. Embora muitos autores tenham encontrado indícios bioquímicos desta interação, as

variáveis relacionadas ao desempenho dos animais muitas vezes não se comportam de forma que esse antagonismo seja confirmado (BICUDO, 2008).

3. CAPÍTULO I

INCLUSÃO DE ARGININA E SEU ANTAGONISMO COM A LISINA NA ALIMENTAÇÃO DO JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*)¹

DANIEL MASCHIO²

SÉRGIO ALVES DOS SANTOS³

RAFAEL LAZZARI⁴

CARLOS AUGUSTO MALLMMAN⁵

MARCELO LEITE DA VEIGA⁶

JOÃO RADÜNZ NETO⁷

¹ Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

² Zootecnista, aluno do programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria, RS. dani.maschio@hotmail.com.

³ Aluno de graduação em zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. sergio.santalves@gmail.com.

⁴ Zootecnista, Dr., Professor adjunto do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. rlazzari@ufsm.br.

⁵ Médico veterinário, Dr., Professor titular da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM na área de saúde pública. mallmann@lamic.ufsm.br.

⁶ Biólogo, Dr., Professor adjunto do Departamento de Morfologia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. marcelolveiga@gmail.com.

⁷ Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor Associado do Departamento de Zootecnia Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM 97115-900 Santa Maria, RS. jradunzneto@smail.ufsm.br.

Inclusão de arginina e seu antagonismo com a lisina na alimentação do jundiá
(*Rhamdia quelen*)

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o nível ótimo de inclusão de arginina e a relação de antagonismo entre os aminoácidos lisina e arginina em dietas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*). O experimento, que teve duração de 45 dias, foi conduzido no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria, em sistema de recirculação de água, utilizando-se 24 tanques de 280 L, cada qual equipado com duas unidades experimentais (gaiolas com volume útil de 15 L), cada unidade foi povoada com 12 peixes (peso inicial de $2,00 \pm 0,04$ g). O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial dois por seis, sendo que para 4,5% e 5,1% de lisina foram utilizados os seguintes níveis de arginina: 2,5, 3,0, 3,6, 4,3, 5,0 e 5,6% (da proteína da dieta), totalizando 12 tratamentos com 4 repetições. Os tratamentos eram compostos por dietas semipurificadas, isoproteicas e isocalóricas (37% PB , 3000 Kcal Kg⁻¹ EM). Após os 45 dias foram avaliados parâmetros zootécnicos, rendimentos e índices corporais, composição centesimal, taxas de retenção de lisina e de arginina, histologia intestinal e glicogênio e proteínas totais no fígado. As variáveis foram analisadas, sendo submetidas a um teste de normalidade seguido de análises de variância utilizando regressão polinomial sempre que o modelo apresentou ajuste ($P < 0,05$). Nas condições do presente estudo a combinação de 5,1% de lisina com 4,6% de arginina (ambos em relação à proteína das dietas), além de proporcionarem melhor desempenho resultaram em animais com maior rendimento de carcaça e menor deposição de gordura corporal.

Palavras chave: dietas semipurificadas, parâmetros zootécnicos, composição centesimal, taxa de retenção de arginina, histologia intestinal, proteínas totais.

**Inclusion of arginine and antagonism with lysine in the diet of south brazilian catfish
(*Rhamdia quelen*)**

Abstract: The objective of this study was to evaluate the optimum addition level of arginine and the relationship of antagonism between amino acids arginine and lysine in diets for juvenile south brazilian catfish (*Rhamdia quelen*). The experiment, which lasted 45 days, was conducted at the fish farming Laboratory of the Federal University of Santa Maria, in water recirculation system, using 24 280 L tanks, each equipped with two experimental units (cages box 15 l), each unit was populated with 12 fish (initial weight of 2.00 ± 0.04 g). The experimental design was completely randomized in a factorial arrangement of two for six, and to 4.5% and 5.1% lysine were used following arginine levels: 2.5, 3.0, 3.6, 4.3, 5.0 and 5.6%, totaling 12 treatments with 4 replicates. The treatments consisted of semipurified diets isoproteic and isocaloric (37% CP 3000 Kcal kg⁻¹ EM). After the 45 days were evaluated zootechnical parameters, yields and body indices, composition, retention rates of lysine and arginine, intestinal histology and total protein and glycogen in the liver. The variables were analyzed using the statistical package SAS 9.2, being subjected to a normality test followed by analysis of variance using polynomial regression model showed that always fit ($P < 0.05$). Under the conditions of this study the combination of 5.1 with 4.6% lysine, arginine% (with respect to both protein diets), in addition to providing improved performance resulted in animals with higher yield and lower carcass fat deposition body.

Keywords: Semipurified diet, zootechnical parameters, composition, retention rate of arginine, intestinal histology, total proteins.

3.1. Introdução

A produção de pescado oriundo do extrativismo já se encontra estagnada e sem perspectiva de crescimento, no entanto o consumo de organismos aquáticos está crescendo cada vez mais. A piscicultura mundial cresceu 60,2%, no período de 2007 a 2009 e o Brasil encontra-se em destaque nesse segmento, fazendo parte do elevado crescimento desta atividade na última década (MPA, 2010).

O jundiá (*Rhamdia quelen*) é uma espécie promissora, principalmente na Região Sul do Brasil onde o clima limita o cultivo de muitas espécies. Um aspecto negativo ao seu cultivo é a escassez de estudos voltados à determinação de exigências nutricionais, ocultando seu verdadeiro potencial. Desse modo, para que a demanda de pescado seja suprida pelo cultivo é crucial que a atenção seja voltada à nutrição dos peixes, uma vez que a alimentação pode representar de 30 a 90% do custo de produção, estando diretamente ligada a viabilidade econômica dos sistemas de cultivo (WILSON, 2002).

Os estudos a respeito de exigências nutricionais em peixes podem ser realizados de formas independentes (incremento, redução ou remoção do nutriente avaliado), estes trabalhos geralmente são executados com a utilização de ingredientes semipurificados, proporcionando um controle máximo da composição das dietas experimentais e em particular do nutriente estudado (NRC, 2011).

A proteína tem sido um dos componentes mais estudados quando tratamos de nutrição de peixes, seu consumo faz com que através da digestão sejam obtidos aminoácidos, estes são absorvidos pelo trato intestinal e utilizados na síntese de vários tecidos. Todavia quando os aminoácidos não suprem as exigências, o reflexo é uma queda no crescimento e perda de peso (WILSON, 2002). Nesse contexto, estudos referentes a exigências nutricionais, mais especificamente em aminoácidos se fazem fundamentais para exploração adequada das espécies promissoras à piscicultura.

A primeira tentativa de identificação das necessidades aminoacídicas do jundiá partiu de Meyer e Fracalossi (2005), que realizaram a estimativa das exigências em aminoácidos para a espécie, comparando-as com as exigências de outros peixes onívoros e com o perfil de aminoácidos corporal. Em seguida Montes-Girao e Fracalossi (2006) com dietas semipurificadas e metodologia de dose resposta, definiram a exigência em lisina para o Jundiá, e aplicando este resultado baseado na fórmula de proteína ideal estimaram também a

exigência dos demais aminoácidos para esta espécie. Porém esta estimativa pode ser bastante genérica, podendo estes valores divergirem quando comparados a informações obtidas em ensaios biológicos.

De modo geral, lisina é utilizada para a síntese de tecido muscular, portanto suprir sua demanda é fundamental para a produção animal. É encontrada em pequenas quantidades na maioria das fontes proteicas de origem vegetal, além disso, sua forma sintética é de fácil acesso e baixo custo sendo amplamente utilizada no mercado de rações. A soma destes fatores faz com que seja o aminoácido mais estudado tratando-se de exigências aminoacídicas em peixes (AMBARDEKAR; REIGH, 2007).

Arginina é um aminoácido básico essencial para peixes, ao contrário da lisina, não possui uma única via metabólica, está envolvida em uma série de funções biológicas importantes, tais como, síntese de proteínas, produção de ureia, metabolismo do ácido glutâmico e prolina, síntese de creatina, óxido nítrico e poliaminas desempenhando um importante papel nos processos anabólicos (WAN et al., 2006). Diversos estudos têm sido conduzidos a respeito dos reflexos à adição de arginina em dietas para peixes. Segundo o NRC (2011), sua exigência se dá na faixa de 1% a 3% das dietas (3% a 6% da fração proteica).

Lisina e arginina possuem uma relação de antagonismo, este fenômeno se dá principalmente pelo excesso de lisina nas dietas, podendo ser observado em várias espécies de animais, como, galinhas, ratos, porcos e cães (BAKER, 2007). Lisina e arginina são transportados pelo mesmo carreador aminoacídico dibásico e a competição entre esses dois aminoácidos pode afetar na absorção, transporte e no metabolismo dos peixes (KAUSHIK; FAUCONNEAU, 1984).

Tendo em vista o contexto abordado, para que possamos explorar de forma eficaz o potencial do jundiá, e como consequência impulsionar a piscicultura com espécies nativas na região sul do Brasil, os este trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão de níveis crescentes de arginina sob dois níveis de lisina, determinando assim a exigência nutricional do primeiro, bem como verificar a existência de antagonismo entre ambos os aminoácidos estudados.

3.2. Material e métodos

Peixes e condições

O estudo foi conduzido no Laboratório de Piscicultura da UFSM (altitude 95m, 29°43'S, 53°42'W) entre outubro e dezembro de 2011. A qualidade da água foi monitorada diariamente através das análises de temperatura e oxigênio dissolvido com auxílio de oxímetro digital (modelo 550A-YSI-YellowSprings-EUA) e semanalmente monitorava-se pH, alcalinidade, dureza, nitrito, e amônia com o auxílio de kit comercial (Alfakit[®], Florianópolis, SC). A água utilizada para a realização dessas análises foi coletada do decantador, sempre pela manhã antes da limpeza diária. Os seguintes valores médios foram obtidos: temperatura 23,80±1,60°C; oxigênio dissolvido 7,23±0,41 mg L⁻¹; pH 7,5; amônia total 0,15±0,03 mg L⁻¹; amônia não ionizada (NH₃) 0,0024 mg/L; alcalinidade 36,16±6,4 mg L⁻¹ CaCO₃; dureza total 29,33±12,19 mg L⁻¹ de CaCO₃; nitrito 0,012±0,010 mg L⁻¹. Todos os parâmetros se mantiveram dentro da faixa adequada para o jundiá (BALDISSEROTTO; SILVA, 2004).

Os animais foram provenientes de reprodução induzida realizada em agosto de 2011 no mesmo local do experimento. Utilizou-se um total de 576 juvenis (peso médio de 2,00±0,04 g e comprimento médio de 6,10 ± 0,10 cm). Foram distribuídos 12 animais por unidade experimental, em densidade inicial de 1,6 g de peixe L⁻¹.

Antes do início do experimento os peixes passaram por um período de adaptação de 15 dias com fornecimento de ração comercial peletizada, sendo o trabalho conduzido em sistema de recirculação composto por um reservatório d'água de 2000 litros, 24 tanques (280 L), decantador e dois filtros biológicos. Cada tanque foi equipado com duas gaiolas (15L), totalizando 48 unidades experimentais.

Dietas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado em arranjo fatorial, testando seis níveis crescentes de arginina (2,5%, 3,0%, 3,6%, 4,3%, 5,0% e 5,6%) sob dois níveis de lisina (4,5% e 5,1%), ambos os fatores em relação à fração proteica das dietas, obtendo-se assim 12 tratamentos com quatro repetições. Para isto foram elaboradas rações semipurificadas, isoproteicas (37% PB) e isocalóricas (3.200 kcal EM kg⁻¹) conforme

Meyer e Fracalossi (2004), com base proteica originada da mistura de caseína, gelatina e premix aminoacídico, e como fontes energéticas a maltodextrina e óleos de fígado de bacalhau e óleo de canola.

Os ingredientes utilizados foram previamente analisados no laboratório de piscicultura para obtenção da sua composição centesimal (matéria seca, cinzas, proteína bruta, lipídeos, fibra em detergente neutro e carboidratos) seguindo, respectivamente, os métodos 012/IV, 018/IV, 037/IV e 353/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008), Van Soest (1967) e por diferença. Além das análises de composição bromatológica, as fontes proteicas utilizadas foram encaminhadas ao LAMIC/UFSM para obtenção dos respectivos perfis de aminoácidos das mesmas.

Assim foi possível combinar caseína e gelatina de forma que a dieta não ultrapassasse os teores basais dos aminoácidos testados. O restante da proteína foi suprida a partir do premix de aminoácidos, livre de lisina e arginina. A essa formulação basal acrescentou-se níveis crescentes dos aminoácidos testados (Tabela 1). Para a confecção das dietas, os ingredientes foram pesados, misturados e após a mistura, mediu-se o pH das rações com auxílio de pHmetro digital para posterior neutralização com a adição de NaOH 6N, conforme Nose et al. (1974), neutralizadas, as misturas foram umedecidas com água destilada e peletizadas em moedor de carne elétrico para posterior secagem em estufa com recirculação de ar forçado durante 24 horas (50°C).

As rações secas foram trituradas para obtenção de grânulos de aproximadamente 3 mm e mantidas em freezer (-18° C) até o momento de fornecimento aos peixes, guardando-se amostras das mesmas para posterior análise de composição centesimal conforme os métodos citados anteriormente.

Tabela 1. Composição das dietas semipurificadas experimentais (%) com diferentes níveis de arginina e lisina para juvenis de jundiás. *

Níveis de arginina	4,5% Lisina						5,1% Lisina					
	2,5	3,0	3,6	4,3	5,0	5,6	2,5	3,0	3,6	4,3	5,0	5,6
Caseína	32,2	32,0	31,8	31,43	31,11	30,8	32,06	32,0	31,64	31,36	31,0	30,89
Gelatina	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Maltodextrina	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2	26,2
Óleo de canola	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Ó. fíg. bacalhau	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Arginina**	-	0,20	0,44	0,73	1,01	1,27	-	0,20	0,44	0,73	1,01	1,27
Lisina**	0,34	0,34	0,35	0,36	0,40	0,40	0,58	0,58	0,60	0,60	0,63	0,63
Premix aa ¹	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Celulose	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7	19,7
(Melbond [®]) ²	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Fosfato bicálcico	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Sal comum	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Premix vitmin ³	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Antioxidante(BHT) ⁴	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Lisina	1,66	1,67	1,66	1,64	1,67	1,67	1,89	1,88	1,89	1,88	1,88	1,88
Arginina	0,93	1,12	1,35	1,62	1,89	2,14	0,92	1,12	1,35	1,62	1,89	2,14
Metionina+Cistina	1,44	1,44	1,43	1,42	1,41	1,41	1,44	1,44	1,43	1,42	1,41	1,41
Triptofano	0,47	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,47	0,46	0,46	0,46	0,45	0,45
Treonina	1,63	1,62	1,61	1,60	1,59	1,58	1,62	1,62	1,61	1,60	1,58	1,58
Valina	2,17	2,16	2,15	2,13	2,11	2,11	2,16	2,15	2,14	2,12	2,11	2,10
Isoleucina	1,75	1,75	1,74	1,72	1,71	1,71	1,75	1,74	1,73	1,72	1,71	1,70
Fenilalanina	1,37	1,37	1,36	1,35	1,34	1,34	1,36	1,36	1,35	1,34	1,34	1,33
Histidina	1,04	1,03	1,02	1,02	1,01	1,01	1,03	1,03	1,02	1,01	1,01	1,00
Leucina	3,26	3,25	3,24	3,21	3,18	3,18	3,25	3,25	3,22	3,20	3,17	3,16
Proteína	37,2	37,4	37,2	37,5	37,6	38,0	37,0	37,2	37,5	37,5	37,7	38,2
Carboidratos	24,9	23,0	24,5	24,3	23,7	23,3	23,2	23,0	23,0	23,8	23,1	23,2
Gordura	4,8	4,8	4,9	4,8	4,9	4,9	5,0	4,9	4,8	5,0	5,2	4,9
MM	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,5	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,3
EM (Kcal Kg ⁻¹) ⁵	2.980	2.912	2.973	2.964	2.973	2.973	2.926	2.930	2.920	2.960	3.010	3.000

* Composição centesimal dos ingredientes e das rações analisadas no laboratório de Piscicultura UFSM. Aminograma obtido por HPLC no LAMIC/UFSM.

**Variável entre os tratamentos.

¹ Premix aminoácido correspondente ao perfil de aminoácidos da albumina do Ovo, (exceção lisina e arginina): Lisina 0 ; Arginina 0 ; Histidina 2,55%; Treonina 5,18%; Valina 6,57%; Leucina 9,21%; Isoleucina 5,88%; Metionina+Cistina 5,86%; Fenilalanina 5,73%; Tirosina 4,40%; Triptofano 1,31%; Aspartato 10,93%; Glutamina 14,09%; Serina 7,20%; Alanina 6,00%; Glicina 3,63%; Prolina 5,11%; Ajinomoto Internacional Indústria e Comércio LTDA (São Paulo). Níveis de garantia dos aminoácidos livres; Tratamentos compostos por diferentes níveis de inclusão de lisina e arginina.

² Lignosulfonato de cálcio e magnésio (Melbar, São Paulo, SP, Brasil).

³ Composição da mistura vitamínica e mineral por kg de produto (MigFish[®], RS, Brasil): 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.

⁴ BHT: 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol

⁵ Valor energético dos ingredientes conforme Lee e Putman (1972) considerando os valores fisiológicos de 9 kcal/g EM para gordura e 4 kcal/g EM para proteína e carboidratos.

Dietas suplementadas com 500 mg vitamina C Kg⁻¹.

Manejo

O alimento foi fornecido 3 vezes ao dia (5% peso vivo), às 09:00, 15:30 e 17:30 horas. Diariamente, antes da primeira e da última alimentação sifonavam-se as unidades experimentais para remoção dos resíduos de fezes e possíveis sobras de ração. As biomassas foram realizadas a cada 9 dias para ajuste da oferta de alimento.

Coleta de informações e amostras

Após os 45 dias experimentais os peixes foram submetidos a um jejum de 24 horas, posteriormente anestesiados com benzocaína (previamente testada, utilizando a concentração de 35 mg L^{-1}), medidos e pesados individualmente para obtenção dos parâmetros zootécnicos, peso final (PF), comprimento total (CT) e padrão (CP), ganho médio diário (GMD), fator de condição ($FC=(PF \times 100)/(CT^3)$), taxa de crescimento específico ($TCE=[(\ln PF - \ln PI)/d] \times 100$), taxa de eficiência proteica ($TEP=\text{ganho em peso}/\text{proteína consumida}$), conversão alimentar aparente (alimento consumido total/ganho de peso no período), eficiência alimentar ($EA=\text{ganho em peso no período}/\text{consumo de matéria seca}$) e sobrevivência (S). Onde: ln= logaritmo neperiano; PI= peso inicial; d= período experimental, em dias.

Rendimentos e índices corporais

Para as informações de rendimento foram separados 10 peixes no início do experimento e ao final dos 45 dias experimentais foram amostrados 2 animais por unidade experimental (8 peixes por tratamento) para a coleta de dados. Os peixes foram eutanasiados (benzocaína 250 mg L^{-1}), eviscerados, coletando os pesos do peixe inteiro, peixe eviscerado, fígado, trato gastrointestinal e gordura celomática. Também foi aferido o comprimento total e o comprimento do trato gastrointestinal dos animais. A partir destas informações foi possível obter as variáveis, rendimento de carcaça (RC), índice hepato somático ($IHS=(\text{peso do fígado}/\text{peso do peixe}) \times 100$), índice digestivo somático ($IDS=(\text{peso do trato}/\text{peso do peixe}) \times 100$), índice de gordura celomática ($IGC= (\text{peso de tecido adiposo celomático}/\text{peso inteiro}) \times 100$) e quociente intestinal ($QI= \text{comprimento do trato}/\text{comprimento do peixe}$).

Composição centesimal

No início do experimento 20 peixes foram eutanasiados (benzocaína 250 mg L⁻¹), (amostras compostas por 5 peixes), as mesmas foram trituradas e congeladas para posterior análise da composição centesimal (Matéria seca, cinzas, proteína bruta e teor lipídico). O mesmo procedimento foi realizado após o período experimental, sendo eutanasiados quatro peixes por unidade experimental (amostras compostas por dois peixes). A avaliação bromatológica foi realizada no Laboratório de Piscicultura (UFSM), por meio dos respectivos métodos 012/IV, 018/IV, 037/IV e 353/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Baseado nesses resultados foi possível obter as variáveis, coeficiente de retenção proteica ($CRP=100*[(Pf*PBCf) - (Pi*PBCi)]/ACt*PBc$), a deposição de proteína corporal ($DPC= [Pf * (%PBCf/100)] - [Pi * (%PBCi/100)]$) e a deposição de gordura corporal ($DGC=[Pf * (%GCf/100)] - [Pi * (%GCI/100)]$), onde: PBCi= proteína corporal inicial; PBCf = proteína corporal final; PBc= proteína bruta da dieta; GCI= gordura corporal inicial; GCf= gordura corporal final; ACt= alimento consumido total.

Retenção de aminoácidos

Para a determinação do perfil de aminoácidos da carcaça, foram compostas amostras de 4 peixes por tratamento, os quais foram homogeneizados, e encaminhadas ao LAMIC/UFSM para a obtenção do aminograma por cromatografia líquida de alta performance (HPLC). As amostras foram submetidas à hidrólise com ácido clorídrico (HCl) bidestilado 6N, seguida de derivação pré-coluna dos aminoácidos livres com felilisotiocianato (PITC) e a separação dos derivados com feniltiocarbamilaminoácidos (PITC-aa), em coluna de fase reversa C18 (Pico-tag-3,9x300mm), com detecção de UV a 254 nm. A quantificação de cada amostra foi baseada na altura de cada pico de aminoácido tendo-se usado como referência a altura do pico do padrão interno de aminoácidos com concentração conhecida, com o padrão derivado nas mesmas condições e no mesmo tempo das amostras. Somadas às informações de desempenho, com a composição das dietas e com o perfil de aminoácidos das carcaças dos jundiás foi possível obter as retenções de lisina e arginina, obtidas pela equação, retenção de lisina ou arginina= $100 \times (\text{peso final} \times \text{AAE final}) - (\text{Peso inicial} \times \text{AAE inicial}) / \text{AAE ingerido}$.

Histologia intestinal e bioquímica hepática

Nos exemplares abatidos o fígado e o intestino médio foram coletados. O fígado foi fracionado em amostras de 25mg de tecido, nesse órgão o glicogênio hepático foi quantificado pelo método de Bidinotto et al. (1997) e as proteínas totais pelo método de Bradford (1976). Para a análise histológica foram coletadas amostras de intestino médio, de jundiá. As amostras foram fixadas em solução de formol a 10% por 24 horas, desidratadas em série alcoólica, diafanizadas em xilol, embebidas e incluídas em parafina. Os blocos foram trimados para obtenção de cortes de 6 mm de espessura em micrótomo Easy Path EP-31-20094. As lâminas foram coradas pela hematoxilina-eosina (HE) e aleatoriamente dois campos por lâmina foram fotografados para morfometria das vilosidades, usando *software* ImagePro Plus®. Foram medidas a altura da vilosidade até sua lâmina própria e a espessura da camada muscular da maior e menor vilosidade do campo, conforme demonstrado na Figura 6.

Análise estatística

As variáveis foram submetidas ao pacote estatístico SAS 9.2 (2009), passando por teste de normalidade, seguido de análises de variância, utilizando o modelo de regressão polinomial que apresentou o melhor ajuste. Para isto, além da significância ao modelo, levou-se em conta o coeficiente de determinação, estabelecendo como critério para escolha de um modelo de regressão polinomial mais complexo, a distância mínima de 3% para o mesmo. Quando os resultados não apresentaram ajuste à regressão, o procedimento adotado foi comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Os níveis de lisina foram comparados pelo teste T ($P < 0,05$) uma vez que se tratava apenas de dois tratamentos.

3.3. Resultados

Desempenho zootécnico

Foi possível observar uma ação altamente significativa da arginina para o peso médio final (PMF), comprimento padrão (CP), taxa de crescimento específico (TCE), ganho médio diário (GMD), conversão alimentar aparente (CAA), eficiência alimentar (EA) e taxa de eficiência proteica (TEP) (Tabela 2). A Lisina não interferiu de forma significativa para o desempenho dos animais, no entanto entre as variáveis citadas anteriormente só não foi verificada a interação entre lisina e arginina para CP e CAA. PF, TCE e GMD apresentaram os melhores resultados nos tratamentos com maior inclusão de arginina, encontrando os melhores resultados na faixa entre 4,3 e 5,6% das frações proteicas. A pior conversão alimentar foi encontrada na menor inclusão de arginina sendo que os demais resultados para essa variável não diferiram entre si. EA e TEP tiveram resultados semelhantes, encontrando os melhores resultados entre os níveis de inclusão 3,6 e 5,6%. Embora tenhamos encontrado interação entre lisina e arginina, nem todos os resultados se ajustaram as equações de regressão, destacando PF, GMD e TCE que apresentaram ajuste aos modelos quadráticos para ambos os fatores de lisina.

Tabela 2. Desempenho zootécnico de juvenis de jundiás alimentados com diferentes níveis de arginina sob dois níveis de lisina.

		PMF (g)	CT (cm)	CP (cm)	TCE (%)	GMD (g)
Arginina (%) ¹	2,5	5,32 ^D	8,24	7,02 ^B	2,17 ^D	0,07 ^D
	3,0	6,20 ^C	9,64	7,34 ^A	2,49 ^C	0,09 ^C
	3,6	6,63 ^{BC}	8,75	7,41 ^A	2,66 ^{BC}	0,10 ^{BC}
	4,3	7,52 ^A	9,04	7,66 ^A	2,94 ^A	0,12 ^A
	5,0	7,55 ^A	9,01	7,65 ^A	2,95 ^A	0,12 ^A
	5,6	7,23 ^{AB}	9,62	7,55 ^A	2,84 ^{AB}	0,11 ^{AB}
Lisina (%) ¹	4,5	6,81	8,99	7,43	2,69	0,10
	5,1	6,68	9,12	7,44	2,66	0,10
QME ²		0,19	2,29	0,042	0,026	0,0001
Arginina		0,0001	NS	0,0001	0,0001	0,0001
Lisina		NS	NS	NS	NS	NS
Arginina x Lisina		0,05	NS	NS	0,05	0,05
		FC	CAA	EA	TEP	S(%)
Arginina (%) ¹	2,5	0,95	2,38 ^A	0,44 ^C	1,05 ^C	82,29
	3,0	0,85	2,03 ^B	0,52 ^B	1,23 ^{BC}	86,45
	3,6	0,98	1,91 ^B	0,56 ^{AB}	1,32 ^{AB}	79,76
	4,3	1,01	1,80 ^B	0,62 ^A	1,47 ^A	85,41
	5,0	1,03	1,79 ^B	0,63 ^A	1,44 ^A	80,20
	5,6	0,92	1,86 ^B	0,61 ^A	1,38 ^{AB}	88,54
Lisina (%) ¹	4,5	0,97	1,96	0,56	1,32	84,02
	5,1	0,94	1,96	0,56	1,30	83,69
QME ²		0,034	0,047	0,0025	0,013	81,18
Arginina		NS	0,0001	0,0001	0,0001	NS
Lisina		NS	NS	NS	NS	NS
Arginina x Lisina		NS	NS	0,05	0,05	NS

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; ²Quadrado médio do erro; PMF = Peso médio final; CT= Comprimento total; CP = Comprimento padrão; TCE = Taxa de crescimento específico; GMD = ganho médio diário; FC = Fator de condição ; CAA = Conversão alimentar aparente; EA = Eficiência alimentar; TEP = Taxa de eficiência proteica; S = Sobrevivência; Arginina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05%). Lisina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de T ; NS= Não significativo (P>0,05).

Na Figura 1, observa-se efeito da arginina e suas respectivas médias para PMF, TCE e GMD. Gráficos acompanhados pela letra “A” são referentes a inclusão de 4,5% de lisina nas dietas e os gráficos acompanhados da letra “B” referem-se a inclusão de 5,1% da fração proteica das dietas em lisina .

Pode-se observar um elevado coeficiente de determinação para as variáveis, dentro da menor inclusão de lisina atribuindo, nesse caso, a arginina uma influência superior a 70% no comportamento das curvas de regressão. Além disso, os pontos de máxima para esses parâmetros oscilaram entre 5,22 e 5,45% das frações proteicas das dietas em arginina.

Já a maior inclusão de lisina resultou em menores coeficientes de determinação, baixando a interferência da arginina nos resultados para aproximadamente 60%. Nesse caso os pontos de máxima obtidos estão na faixa de 4,6 das frações proteicas das dietas em arginina.

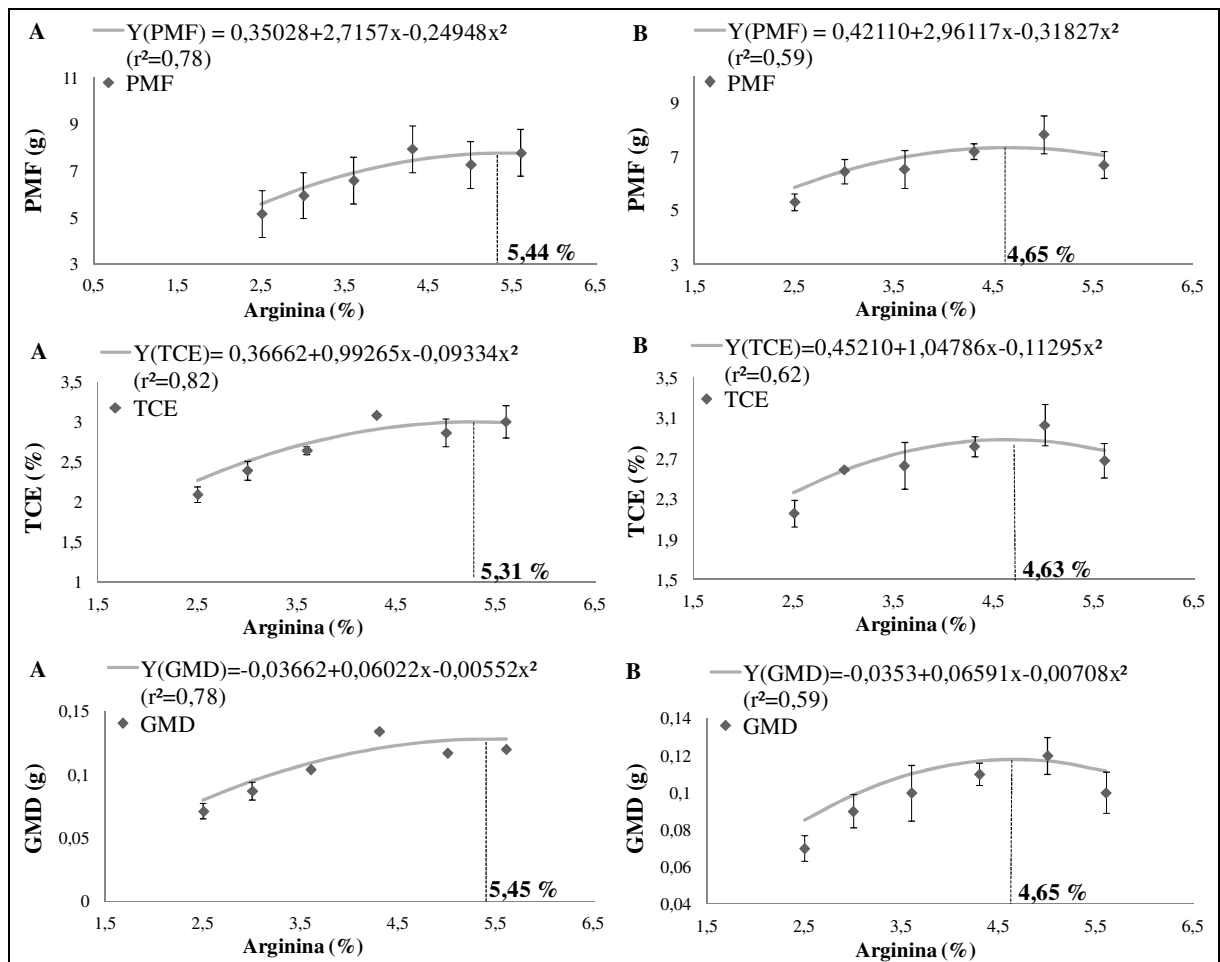


Figura 1. Efeito do nível de arginina e respectivas médias para o peso médio final (PMF), taxa de crescimento específico (TCE) e ganho médio diário (GMD) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta sob dois níveis de lisina (A= Inclusão de 4,5% das frações proteicas em lisina. B = Inclusão de 5,1% das frações proteicas em lisina.).

Na Figura 2 são registrados os comportamentos da EA e da TEP, dentro da menor inclusão de lisina, encontrando os respectivos pontos de máxima, 5,22 e 4,97% das frações proteicas em arginina. Assim como os demais parâmetros, dentro das inclusões de 4,5% de lisina, também foi verificado um elevado coeficiente de determinação para essas variáveis.

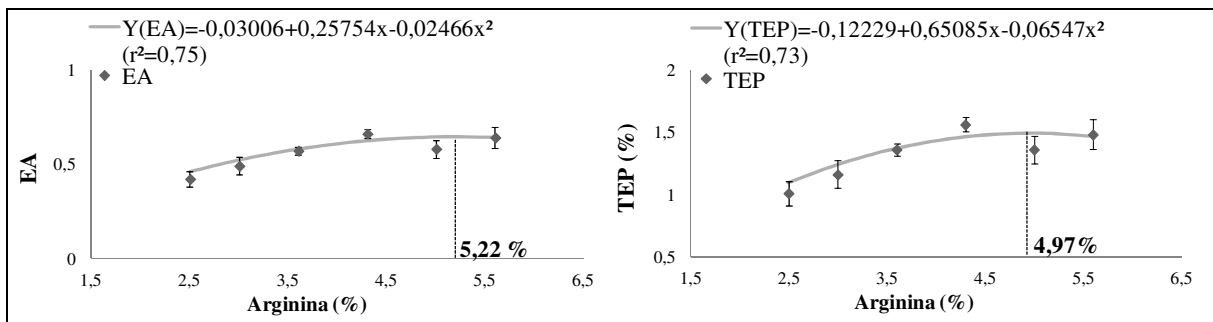


Figura 2. Efeito do nível de arginina e respectivas médias para a taxa de eficiência proteica (TEP) e eficiência alimentar (EA) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta sob 4,5% das frações proteicas em lisina.

Embora se tenha encontrado interação entre lisina e arginina para as mesmas variáveis descritas anteriormente, quando avaliadas sob a inclusão de 5,1% de lisina, não apresentaram ajuste aos diferentes modelos de regressão testados. Na Tabela 3 as médias para essas variáveis indicam que para EA os melhores resultados foram encontrados na inclusão de 5,0% da fração proteica em arginina, não diferindo dos tratamentos 3,0, 4,3 e 5,6. A melhor TEP também foi encontrada no tratamento 5,0, diferindo significativamente apenas da menor inclusão.

Tabela 3. Eficiência alimentar e taxa de eficiência proteica de juvenis de jundiás alimentados com diferentes níveis de arginina sob 5,1% da fração proteica em lisina.

		5,1% Lisina	
		EA	TEP
Arginina (%) ¹	2,5	0,45 ^B ±0,055	1,09 ^B ±0,13
	3,0	0,55 ^{AB} ±0,047	1,30 ^{AB} ±0,11
	3,6	0,54 ^B ±0,107	1,26 ^{AB} ±0,24
	4,3	0,58 ^{AB} ±0,030	1,38 ^{AB} ±0,07
	5,0	0,68 ^A ±0,060	1,51 ^A ±0,13
	5,6	0,57 ^{AB} ±0,046	1,28 ^{AB} ±0,13
P		0,05	0,05

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; EA = Eficiência alimentar; TEP = Taxa de eficiência proteica; Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05).

O comprimento padrão teve apenas influência da arginina, não sendo verificada a interação entre lisina e arginina para esta variável. Na Figura 3 são registrados os dados da equação de regressão e o seu ponto de máxima observando o mesmo em 4,8% da fração proteica das dietas para arginina.

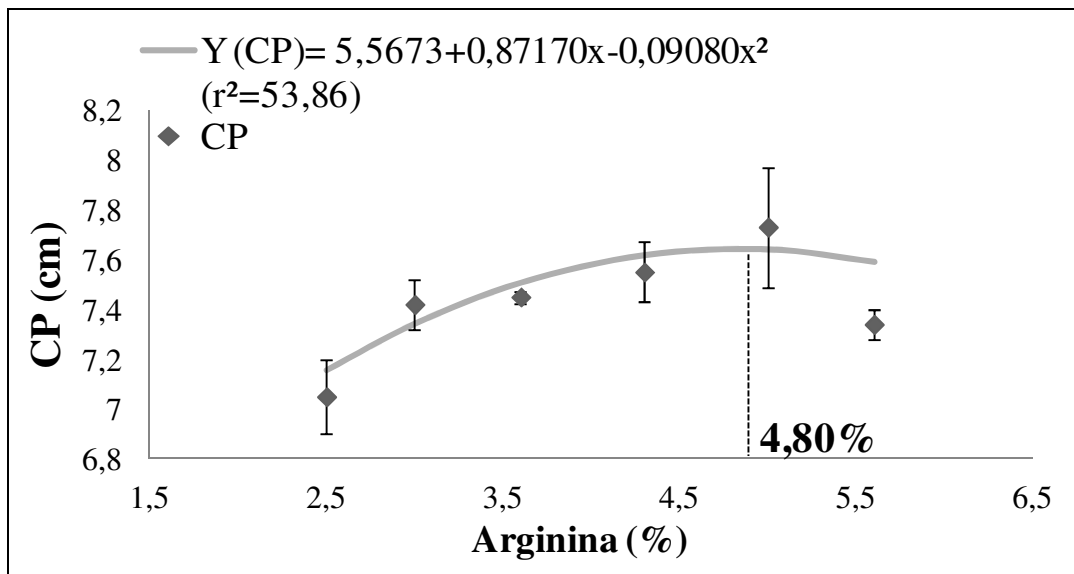


Figura 3. Efeito do nível de arginina e respectivas médias para comprimento padrão (CP) de juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.

Rendimentos e índices corporais

De modo geral a inclusão de arginina não teve efeito sobre os rendimentos e índices corporais (Tabela 4) ressaltando apenas diferenças entre os resultados iniciais e finais para o rendimento de carcaça (RC), índice digestivo somático (IDS) e índice hepato somático (IHS). Os níveis de lisina testados impactaram de forma significativa no RC, IDS, IHS e no índice de gordura visceral (IGV), resultando em maiores RC e IDS e menores IHS e IGV nos tratamentos com a inclusão de 5,1% de lisina. Não foi verificada interação entre lisina e arginina para os rendimentos e índices corporais.

Tabela 4. Parâmetros corporais de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina sob dois níveis de lisina.

		RC(%)	IDS	IHS	IGV	QI
Arginina (%) ¹	Inicial	76,55 ^B	4,99 ^A	3,55 ^A	-	1,01
	2,5	84,96 ^A	3,03 ^B	2,33 ^B	1,05	1,09
	3,0	86,00 ^A	2,92 ^B	2,14 ^B	1,17	1,01
	3,6	84,55 ^A	2,68 ^B	2,25 ^B	1,09	1,35
	4,3	85,49 ^A	3,11 ^B	2,30 ^B	1,03	1,06
	5,0	85,96 ^A	2,86 ^B	2,11 ^B	1,00	1,11
	5,6	85,76 ^A	2,98 ^B	2,10 ^B	1,06	1,16
Lisina (%) ¹	4,5	84,29 ^B	2,73 ^B	2,53 ^A	1,26 ^A	1,14
	5,1	86,62 ^A	3,13 ^A	1,88 ^B	0,87 ^B	1,12
QME ²		13,24	0,14	0,11	0,17	0,11
Arginina		0,05	0,05	0,05	NS	NS
Lisina		0,05	0,05	0,05	0,05	NS
Arg x Lis		NS	NS	NS	NS	NS

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; RC= Rendimento de carcaça ; IDS = Índice digestivo somático; IHS = Índice hepato somático; IGV Índice de gordura visceral; QI = Quociente intestinal; Arginina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05%). Lisina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de T ; NS= Não significativo (P>0,05).

Composição corporal e retenção de nutrientes

Entre as variáveis, umidade (Um), matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) e teor lipídico (Lip), a inclusão de arginina surtiu efeito apenas para MM e PB, encontrando diferença significativa entre os resultados finais e iniciais (Tabela 5). Os níveis testados de lisina resultaram em diferença significativa para Lip, Um e MS, encontrando menor teor lipídico, maior umidade e menor matéria seca nos animais alimentados com 5,1% das frações proteicas em lisina.

Tabela 5. Composição centesimal dos juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina sob dois níveis de lisina (expressos em %).

		UM	MS	MM	PB	LIP
Níveis de Arginina (%) ¹	Inicial	77,33	22,67	2,64 ^A	3,77 ^B	6,05
	2,5	76,07	23,92	2,55 ^{AB}	15,24 ^A	5,73
	3,0	76,00	23,99	2,43 ^{AB}	15,29 ^A	5,82
	3,6	76,22	23,77	2,55 ^B	15,83 ^A	5,72
	4,3	76,48	23,51	2,43 ^B	15,58 ^A	5,72
	5,0	76,19	23,80	2,19 ^B	15,68 ^A	6,16
	5,6	76,30	23,69	2,25 ^{AB}	15,56 ^A	6,17
Níveis de Lisina (%) ¹	4,5	75,90 ^B	24,09 ^A	2,26	15,48	6,33 ^A
	5,1	76,56 ^A	23,47 ^B	2,37	15,58	5,44 ^B
QME ²		0,62	0,62	0,045	0,35	0,63
Arginina		NS	NS	0,05	0,05	NS
Lisina		0,05	0,05	NS	NS	0,05
Arg x Lis		NS	NS	NS	NS	NS

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; ²Quadrado médio do erro. Um = umidade; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = Proteína bruta; Lip = Teor lipídico. Arginina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05). Lisina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de T ; NS= Não significativo (P>0,05).

Os parâmetros coeficiente de retenção proteica (CRP) e deposição proteica corporal (DPC) tiveram ação significativa da inclusão de arginina e também foi verificada a interação entre lisina e arginina. Dentro da menor inclusão de lisina, CRP e DPC tiveram comportamento linear, conforme a Figura 4.

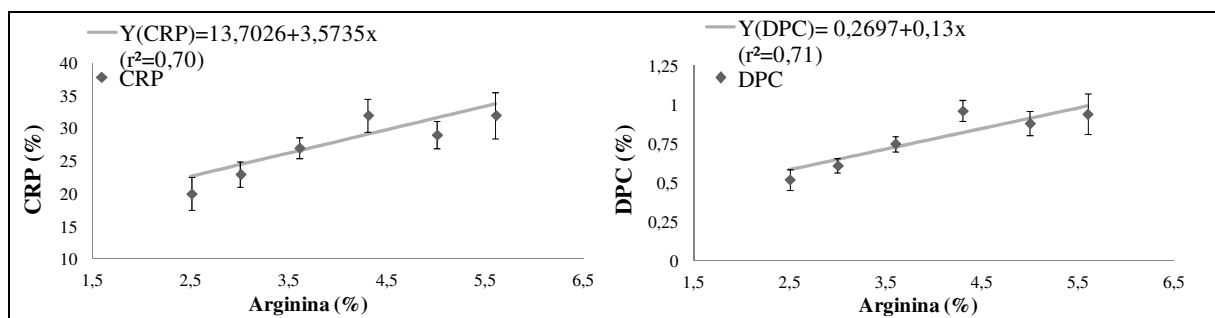


Figura 4. Efeito do nível de arginina e respectivas médias para coeficiente de retenção proteico (CRP) e deposição de proteína corporal (DPC) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta sob 4,5% da fração proteica em lisina.

Os mesmos parâmetros dentro da maior inclusão de lisina não apresentaram ajuste às equações de regressão testadas e estão apresentados na Tabela 6. Dentro da maior inclusão de lisina os melhores resultados para CRP e DPC encontraram-se no tratamento 5,0, diferindo significativamente apenas do tratamento 2,5.

Tabela 6. Coeficiente de retenção proteica e deposição de proteína corporal em juvenis de jundiá alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina sob 5,1% da fração proteica em lisina.

	5,1% Lisina		
	CRP	DPC	
Arginina (%) ¹	2,5	21,40 ^B ±1,75	0,547 ^B ±0,05
	3,0	26,67 ^{AB} ±1,71	0,73 ^{AB} ±0,05
	3,6	28,43 ^{AB} ±4,60	0,798 ^{AB} ±0,09
	4,3	25,48 ^{AB} ±6,82	0,74 ^{AB} ±0,21
	5,0	33,56 ^A ±1,68	0,93 ^A ±0,07
	5,6	28,71 ^{AB} ±3,75	0,76 ^{AB} ±0,12
	P	0,05	0,05

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; CRP = coeficiente de retenção proteica; DPC = Deposição proteica corporal. Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05).

A deposição de gordura corporal teve influência apenas da inclusão de arginina das dietas, representada pela equação “Y(DGC)=0,08626+0,05918x” como apresentado na Figura 5.

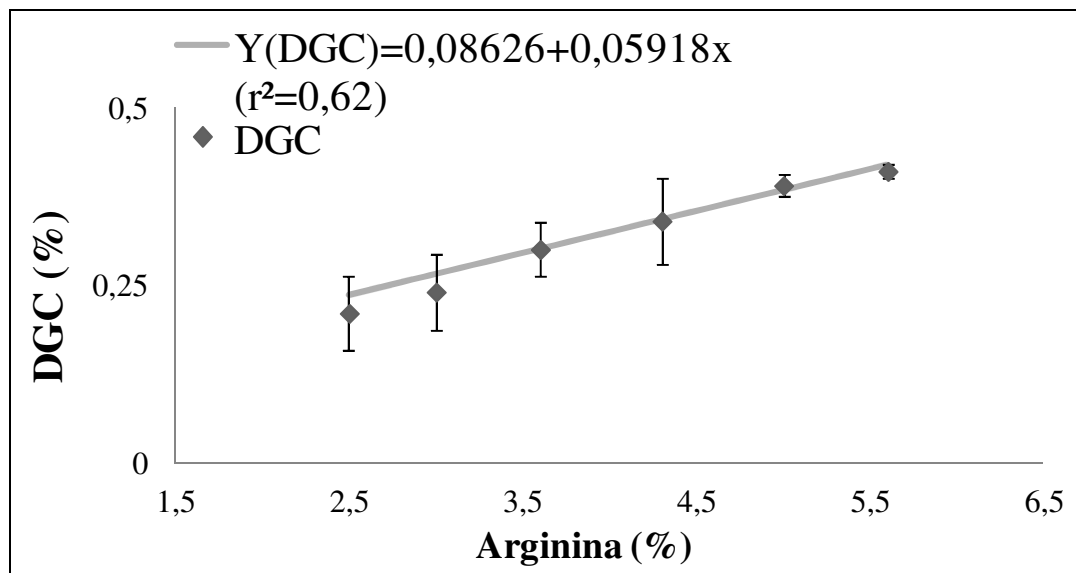


Figura 5. Efeito do nível de arginina e respectivas médias para deposição de gordura corporal (DGC) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.

Retenção de lisina e arginina

Para a retenção de arginina encontrou-se influência significativa tanto dos níveis de lisina quanto dos níveis de arginina das dietas bem como foi verificada a interação altamente

significativa entre ambos os fatores estudados (Tabela 7). Na retenção de lisina verificou-se ação significativa dos níveis de arginina das dietas e interação entre lisina e arginina. Dentro da menor inclusão de lisina, as maiores taxas de retenção de arginina ficaram nos tratamentos compostos pela sua menor inclusão. Já a taxa de retenção de lisina foi crescente à medida que se aumentavam os níveis de arginina das dietas. A alimentação com 5,1% das frações proteicas em lisina resultou em maior deposição de arginina à medida que a sua incorporação nas dietas aumentava. A retenção de lisina não foi influenciada pela maior inclusão da mesma nas dietas. De modo geral o menor nível de lisina resultou em maior deposição de arginina nas carcaças dos jundiás, não interferindo na deposição de lisina.

Tabela 7. Retenção de lisina e arginina (%) da dieta na composição da carcaça de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina para as inclusões de 4,5 e 5,1% de lisina nas frações proteicas.

		4,5% Lisina	
Retenção (%)		Arginina	Lisina
Arginina (%) ¹	2,5	46,20 ^A ±6,45	51,65 ^C ±7,34
	3,0	32,53 ^B ±4,24	50,36 ^C ±6,15
	3,6	28,95 ^B ±2,21	51,51 ^C ±3,58
	4,3	27,59 ^B ±0,73	65,86 ^{AB} ±1,73
	5,0	18,85 ^C ±2,97	52,65 ^{BC} ±7,44
	5,6	15,93 ^C ±2,21	74,46 ^A ±8,50
		5,1% Lisina	
Retenção (%)		Arginina	Lisina
Arginina (%) ¹	2,5	17,38 ^C ±3,11	50,17 ±5,21
	3,0	22,85 ^{BC} ±2,48	49,85 ±4,02
	3,6	24,54 ^{BC} ±5,53	61,49 ±11,98
	4,3	17,64 ^C ±1,00	56,57 ±2,57
	5,0	32,07 ^{AB} ±4,46	60,04 ±8,51
	5,6	34,71 ^A ±6,38	60,84 ±12,26
Lisina (%) ¹	4,5	28,34 ^A	57,75
	5,1	24,87 ^B	56,49
QME ²		15,58	54,34
Arginina		0,05	0,05
Lisina		0,05	NS
Arg x Lis		0,0001	0,05

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; ² Quadrado médio do erro; Laudo do perfil aminoacídico emitido por LAMIC/UFSM. Perfil de aminoácidos da ração embasado em certificados de garantia da Ajinomoto e perfil de aminoácidos das fontes proteicas emitido pelo LAMIC/UFSM. Taxa de retenção de aminoácidos essenciais (AAE) = $100 \times (\text{peso final} \times \text{AAE final}) - (\text{Peso inicial} \times \text{AAE inicial}) / \text{AAE ingerido}$. Arginina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo ($P > 0,05\%$). Lisina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de T ; NS= Não significativo ($P > 0,05$).

Histologia intestinal e bioquímica hepática

O glicogênio hepático não teve alterações significativas em função dos aminoácidos testados. Já os valores encontrados para proteína hepática tiveram influência significativa da adição de arginina nas dietas, bem como também resultou em interação significativa entre lisina e arginina. Para as variáveis de morfometria intestinal foram encontradas diferenças significativas apenas para a altura das vilosidades. Estas tiveram influência do nível de lisina das dietas resultando em maiores vilosidades nos tratamentos com a menor inclusão de lisina (Tabela 8).

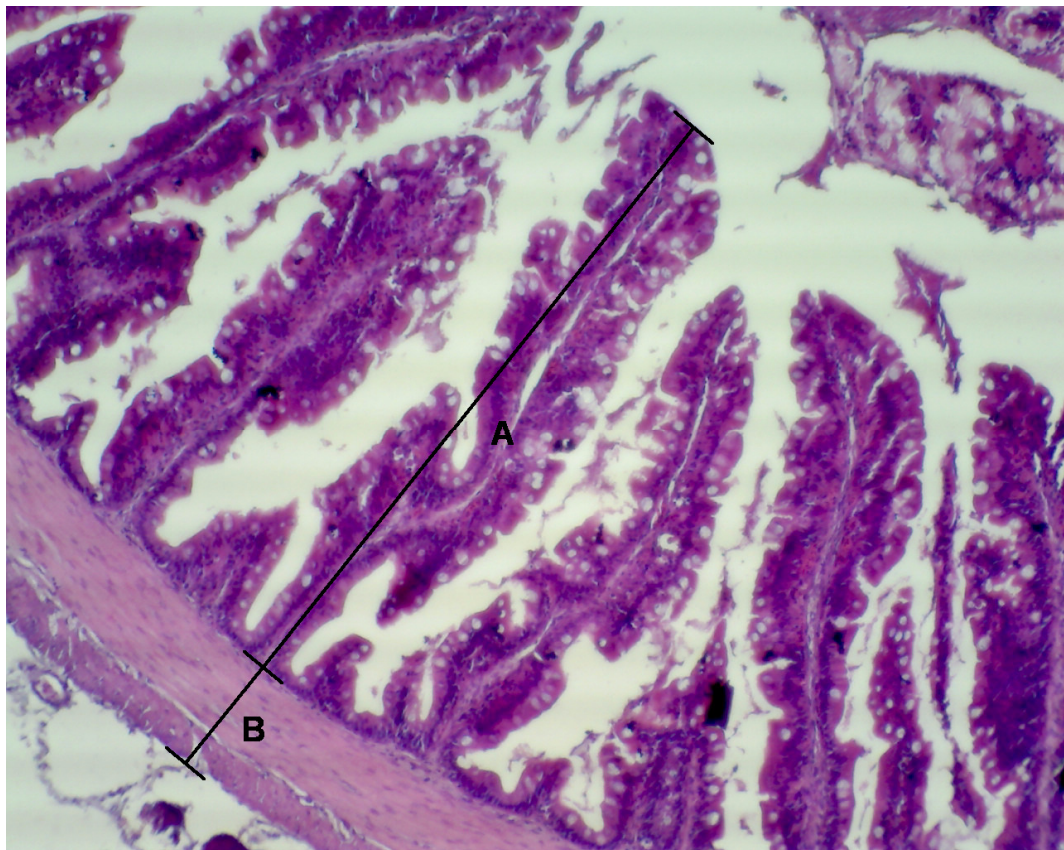


Figura 6. Fotomicrografia de intestino médio de jundiá (*Rhamdia quelen*) indicando as duas medidas tomadas para análise. A - altura da vilosidade; B - espessura da camada muscular (Barra = 100 μ m).

Tabela 8. Bioquímica hepática e histologia intestinal (μm) em juvenis de jundiás alimentados com diferentes níveis de arginina sob dois níveis de lisina.

		Glicogênio ($\mu\text{mol g}^{-1}$)	Proteína (mg g^{-1})	Altura da Vilosidade ³	Altura da Vilosidade ⁴	Espessura c. musc. ³	Espessura c. musc. ⁴
Arginina (%) ¹	2,5	294,41	21,09 ^A	2156.2	650,5	330,4	326,67
	3,0	276,79	25,84 ^A	2059.4	650,5	252,3	274,40
	3,6	247,34	22,61 ^A	2002.0	682,9	313,1	362,27
	4,3	316,70	24,71 ^A	1990.8	553,4	338,6	348,50
	5,0	274,56	14,43 ^B	1905.7	537,0	361,9	375,61
	5,6	250,57	23,35 ^A	1873.3	874,6	543,6	443,02
Lisina (%) ¹	4,5	267,03	20,63	2126,5 ^A	702,1	332,50	364,26
	5,1	286,43	23,38	1847,4 ^B	619,9	378,14	343,12
QME ²		49,36	3,5	187024,5	33417,01	56563,9	33417,01
Arginina		NS	0,05	NS	NS	NS	NS
Lisina		NS	NS	0,05	NS	NS	NS
Arg x Lis		NS	0,05	NS	NS	NS	NS

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; ²Quadrado médio do erro; NS= Não significativo ($P>0,05\%$); ³=Maior vilosidade; ⁴=Menor vilosidade. Arginina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo ($P>0,05\%$). Lisina = Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de T ; NS= Não significativo ($P>0,05$).

Na Tabela 9 podem ser observadas as concentrações de proteínas totais no fígado para ambos os fatores estudados. A inclusão de 4,5% das frações proteicas em lisina resultou em maior concentração de proteína na inclusão de 3,6% de arginina na proteína das dietas, diferindo significativamente apenas das inclusões de 5,0 e 5,7%. Já o nível 5,1% (lisina), refletiu em maior concentração de proteína no tratamento com 5,6% de inclusão de arginina, não diferindo dos tratamentos com as respectivas inclusões de arginina, 3,0, 3,6 e 4,3%.

Tabela 9. Proteína hepática em juvenis de jundiás alimentados com diferentes níveis de arginina sob dois níveis de lisina.

		4,5 Lisina (mg g^{-1})	5,1 Lisina (mg g^{-1})
Arginina ¹	2,5	25,6 ^A \pm 3,91	16,5g ^B \pm 7,93
	3,0	26,6 ^A \pm 3,01	25,0 ^{AB} \pm 2,16
	3,6	20,6 ^{AB} \pm 1,85	24,6 ^{AB} \pm 3,47
	4,3	25,5 ^A \pm 10,64	23,8 ^{AB} \pm 8,52
	5,0	12,4 ^B \pm 5,45	16,3 ^B \pm 5,66
	5,6	12,8 ^B \pm 4,15	33,8 ^A \pm 7,43
P		0,05	0,05

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; Médias com letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ($<0,05$).

3.4. Discussão

Com base no desempenho, os níveis ótimos de arginina em dietas para jundiá se encontram entre 4,3 a 5,6% da proteína contida nas dietas. Os níveis de lisina testados influenciaram na estimativa para arginina, obtendo um nível ótimo para este aminoácido, próximo a 5,4% em dietas com 4,5% de lisina na proteína e 4,6% em rações com inclusão de 5,1% de lisina.

Portanto os níveis de lisina testados influenciaram na resposta à arginina, expressando diferentes resultados à inclusão de arginina das dietas para PMF, TCE, GMD, EA e TEP (Tabela 2). Entre estas variáveis cabe ressaltar PMF, GMD e TCE que apresentaram ajuste às equações de regressão polinomial, nos dois cenários estudados (Figura 1).

A inclusão de 4,5% de lisina resultou em pontos de máxima (arginina), entre 5,31 e 5,45%. Já a maior adição de lisina resultou em pontos de máxima mais próximos a 4,6%. Além disso, foi observada uma queda bastante elevada nos coeficientes de determinação.

São poucos os trabalhos que relatam e confirmam relações de antagonismo lisina/arginina em peixes, de modo geral essas diferenças se baseiam em pequenas alterações bioquímicas, como as observadas por Kaushik e Fauconneau (1984), Bergue et al. (1997) e Bergue et al. (1998). No entanto, os resultados desse estudo indicam uma relação antagônica entre lisina e arginina para as variáveis de desempenho, uma vez que além de influenciar no nível ótimo, lisina fez com que a influência da arginina nos resultados fosse reduzida em cerca de 20% (coeficientes de determinação da Figura 1). A essa redução provavelmente está à ação da lisina, já que é observada dentro das dietas em que seu teor é mais elevado.

Mesmo sabendo que algumas espécies de peixes produzem arginina via ciclo da uréia, e esta produção tem a capacidade de suprir as necessidades de manutenção (FOURNIER et al., 2002), os resultados obtidos no presente estudo demonstraram que baixos níveis de arginina nas dietas prejudicaram o crescimento do jundiá, refletindo em menores PF e CP. Além disso, verificou-se que a suplementação com cristais de L-arginina melhorou a TCE, GMD, CAA, EA e a TEP (Tabela 2 e 3, Figura 1, 2 e Figura 3).

O mesmo comportamento foi observado por Zhou et al. (2012) para a espécie *Micropterus salmoides*, refletindo os baixos teores de arginina em queda no desempenho, bem como menores taxas de crescimento e pior capacidade de converter o alimento em ganho de peso. Sha Alan et al. (2002) avaliaram a exigência em arginina utilizando a mesma metodologia de dose resposta descrita neste estudo, obtendo com base em desempenho e estimativa por regressão de linha quebrada uma exigência de 4,3% da fração proteica em

arginina para “Japanese flounder” (*Paralichthys olivaceus*). Outras espécies como salmão do atlântico, truta arco-íris e catfish africano possuem as respectivas exigências em arginina (em relação à proteína), 4,1, 4,2 e 4,5% (TIBALDI et al., 1994; KIM et al., 1992; SANTIAGO; LOVELL, 1988).

Cabe destacar que embora os níveis testados de lisina não tenham influenciado no desempenho, os valores encontrados com sua adição em 5,1% (proteína), assemelham-se mais com os descritos anteriormente. Além dessas espécies salientamos a exigência em arginina do catfish americano que segundo o NRC (2011) é de 4,3% em dietas com 5,1% de lisina (ambos em relação à proteína) bastante próxima com os resultados deste estudo quando consideramos apenas desempenho.

Na avaliação de desempenho, as inclusões ótimas de arginina encontradas nesse estudo, divergem das estimativas realizadas por Meyer e Fracalossi (2005) para a mesma espécie, que a partir das exigências nutricionais de outros onívoros e da composição em aminoácidos dos jundiás chegam à estimativa de uma exigência de 3,72% (proteína) em arginina.

Além desse estudo com exigências em aminoácidos para jundiá, outro trabalho de Montes-Girao e Fracalossi (2006), usando a mesma metodologia do presente estudo (dose resposta e rações semipurificadas), apontou dois resultados originados a partir de diferentes análises estatísticas, determinando por regressão de linha quebrada a exigência de 4,5% em lisina e por regressão polinomial um nível ótimo de 5,1% (ambos em relação à proteína). A esses valores foi aplicada a fórmula de proteína ideal para peixes, descrita por Kaushik (1998), estimando as exigências dos demais aminoácidos. O resultado encontrado para a exigência em arginina dentro da inclusão de 4,5% das frações proteicas em lisina foi de 4,7%, e quando estimada dentro da inclusão de 5,1% de lisina ficou em 5,5% das frações proteicas, diferindo dos valores encontrados no ensaio biológico do presente estudo que dentro da inclusão de 4,5% de lisina encontrou os níveis ótimos de arginina para as variáveis de desempenho próximas a 5,5% e dentro da maior inclusão de lisina (5,1%) encontrou melhor resposta da arginina com uma inclusão de 4,6% das frações proteicas.

Nesse contexto, a divergência encontrada na estimativa de exigências aminoácidas por proteína ideal pode estar associada a uma série de fatores, os quais não são levados em conta na sua aplicação. Um deles pode ser a relação antagônica entre lisina e arginina, que até então não havia sido estudada para o jundiá.

Tanto os resultados finais para parâmetros corporais, quanto para composição centesimal, não foram influenciados pela arginina das dietas, encontrando apenas diferenças com relação aos valores iniciais e finais para RC, IDS, IHS, MM e PB (Tabela 4 e Tabela 5). A não influência da arginina para estes parâmetros pode se dar pela sua função, pois ao contrário da lisina, que possui metabolismo básico voltado unicamente para síntese muscular (WILSON, 2002), a arginina está envolvida em uma série de vias metabólicas, como a própria síntese de proteínas, creatina, produção ureia entre outros processos biológicos atuando de forma indireta sua à síntese proteica (REBECA, 2008).

Sha Alam et al. (2002) avaliando a adição de arginina em dietas para “japanese flounder” também não encontraram relação entre os níveis estudados de arginina e a composição centesimal dos animais. O mesmo foi observado por Zhou et al. (2012) e Luo et al. (2007), para as respectivas espécies, “largemouth bass” (*Micropterus salmoides*) e “grouper” (*Epinephelus coioides*), reforçando a ideia de que sua adição traz alterações metabólicas e estas refletem em melhor desempenho dos animais promovendo melhor crescimento porém não influencia na composição centesimal dos peixes.

Embora sua adição não tenha resultado em alterações bromatológicas, os parâmetros CRP e DPC apresentaram os melhores resultados na medida em que cresciam os níveis de arginina em ambos cenários estudados (Figura 4 e Tabela 6). A influência da arginina para essas variáveis pode ter contribuído com os resultados obtidos para o desempenho, o que reforça a atuação indireta da arginina sobre a síntese muscular. Além disso, o incremento de arginina também refletiu na deposição de gordura corporal, portanto sua adição permitiu que os peixes crescessem e depositassem gordura, inferindo a esse resultado uma demanda adequada do mesmo aminoácido.

A lisina trouxe reflexos à composição centesimal dos juvenis de jundiá, observando que maior índice de gordura visceral e maior teor lipídico foram encontrados nos tratamentos com menor inclusão de lisina. A inclusão de 4,5% de lisina nas rações ainda resultou em maior teor de matéria seca e menor umidade (Tabela 5). Pode-se atribuir essa relação entre os resultados à baixa solubilidade dos lipídios para a formação da gordura, portando quanto maior o teor lipídico, menor será o teor de umidade das amostras e em virtude disto, maior será a matéria seca.

Sabendo que lisina é o aminoácido mais limitante para peixes (BALL et al., 2007), a elevação do índice de gordura visceral, índice hepato-somático e teor lipídico, somada ao menor rendimento de carcaça do tratamento com 4,5% de lisina pode estar associada a uma

pequena carência nutricional com relação à inclusão de 5,1% deste mesmo aminoácido nas dietas. A inclusão de 5,1% de lisina ainda resultou em maior desenvolvimento do trato digestivo, o que pode ter proporcionado um maior aproveitamento da dieta. Desta forma, com a menor inclusão de lisina teremos uma provável interferência na síntese muscular, o que teria levado ao menor rendimento de carcaça. Nesse caso, a não formação de proteína implicaria em catabolismo, e utilização dos aminoácidos como fonte energética o que explica a maior deposição de gordura nos animais alimentados com a menor inclusão de lisina (WILSON, 2002).

Montes-Girao e Fracalossi (2006), não encontraram relação entre os níveis testados de lisina e a deposição de gordura para o Jundiá. Já os resultados obtidos por Bicudo et al. (2009) com pacu seguem o mesmo resultado desse estudo, verificando-se que menores níveis de lisina resultaram em maior deposição de gordura. Abimorad et al. (2010), também estudaram a adição de lisina em dietas para pacu, obtendo menor deposição de gordura nos tratamentos com a maior adição de lisina.

A menor inclusão de lisina resultou em maiores taxas de deposição do mesmo aminoácido, à medida que cresciam os níveis de arginina das dietas, já a taxa de deposição de arginina dentro da menor inclusão de lisina decresceu a medida em que a arginina era suplementada. Dentro da inclusão de 5,1% de lisina, não foram encontradas diferenças significativas quanto à retenção de lisina, porém a retenção de arginina se demonstrou contrária à encontrada com a situação anterior. Esses resultados corroboram com a idéia de que a inclusão de 5,1% de lisina supre de forma mais adequada à exigência do mesmo, fornecendo o aminoácido em quantidade suficiente para a formação das bases pirimídicas de forma que os demais aminoácidos circulantes sejam direcionados à síntese de proteínas e retidos no organismo, ao invés de catabolizados como fonte energética o que pode resultar em deposição de gordura (SALWAY, 2009).

Os resultados dentro da menor inclusão de lisina assemelham-se com os obtidos por Zhou et al. (2012) para “largemouth bass” (*Micropterus salmoides*) e Luo et al. (2007), com “grouper” (*Epinephelus coioides*) ambos os trabalhos encontraram menor deposição de arginina à medida que a inclusão do mesmo crescia. Nestes trabalhos, a taxa de deposição de lisina apresentou o mesmo comportamento do presente estudo quando avaliado dentro da inclusão 4,5% de lisina (Tabela 7).

A maior deposição de lisina pode ter ocorrido devido ao maior aporte em arginina das dietas, proporcionando uma otimização das suas funções metabólicas as quais preconizariam a síntese proteica (WILSON, 2002).

Com exceção à inclusão de 5,6% de arginina, dentro da maior inclusão de lisina, os níveis mais elevados de arginina resultaram em menor proteína no fígado (Tabela 9). A isso podemos inferir um maior aproveitamento das proteínas dietárias, diminuindo a atividade de desaminação no fígado o que resultaria em menor proteína total no mesmo (CHAMPE et al., 2009), já que, acompanhando as maiores inclusões de arginina estão os resultados para desempenho como descrito anteriormente. Já na combinação das maiores inclusões de lisina e arginina, o que pode ter elevado o valor da proteína hepática pode ter sido caminho inverso, ou seja, o excesso de aminoácidos na dieta poderia ter levado a desaminação. Porém para confirmar essas hipóteses seriam necessárias mais análises laboratoriais.

Os tratamentos com menor adição de lisina resultaram em menor índice digestivossomático acompanhado de maior altura de vilosidades. A isso podemos atribuir uma adaptação do trato digestivo, inferindo o maior desenvolvimento das vilosidades como uma adaptação à absorção de nutrientes em um trato gastrointestinal mais curto.

Portanto, nas condições estudadas, conclui-se que as diferentes exigências em arginina encontradas com diferentes níveis de inclusão de lisina, somadas a queda nos coeficientes de variação para arginina, com a maior inclusão de lisina, indicam uma relação antagônica entre ambos os aminoácidos.

Os níveis ótimos de inclusão de lisina e arginina das dietas testadas são 5,1 e 4,6% da fração proteica respectivamente. A combinação destes resultados além de proporcionar maior crescimento, sem prejudicar a composição dos animais, proporciona maior desempenho e maior rendimento de carcaça, acompanhados de menor teor lipídico em juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen*.

3.5. Agradecimentos

À Ajinomoto pela colaboração com parte das matérias primas e ao CNPq pelas bolsas de mestrado concedidas a Daniel Maschio e de pesquisa (Pq1D) ao professor João Radünz Neto.

3.6. Referências bibliográficas

ABIMORAD, E.G.; FAVERO, G. C.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture nutrition**, v.16, p.370-377, 2010.

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

BALL, R.O.; URSCHEL, K.L.; PENCHARS, P.B. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. **Journal of Nutrition**, v.137, p.1626-1641, 2007.

BALDISSEROTTO, B. ; SILVA, L.V.F. Qualidade da água. In: BALDISSEROTTO, B.; RADÚNZ NETO, J. (Org.). **Criação do jundiá**. Santa Maria, RS: UFSM, 2004. p. 73-94.

BAKER, D.H. Lysine, arginine, and related amino acids: An Introduction To The 6th Amino Acid Assessment Workshop. **Journal of Nutrition**, v.137, p. 1599S-1601S, 2007.

BERGUE, G. E.; LIED, E.; SVEIER, H. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the requirement and metabolism of arginine. **Comparative Biochemistry and Physiology part A**, New York, v. 117, p. 501-509, 1997.

BERGUE, G. E.; SVEIER, H.; LIED, E. . Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the requirement and metabolic effect of lysine. **Comparative Biochemistry and Physiology part A**, New York, v. 120, p. 447-495, 1998.

BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Dietary lysine requirement of juvenile Pacu, *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.297, p.151-156, 2009.

BIDINOTTO, P.M. et al. 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. Acesso em: 20 ago. 2012.

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

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A.; FERRIER, D.R.; **Bioquímica ilustrada**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 528 p.

FOURNIER, V.; GOUILLOU-COUSTANS, M.F.; MÉTAILLER, R.; VACHOT, C.; GUEDES, M.J.; TULLI, F.; OLIVA-TELES, A.; TIBALDI, E.; KAUSHIK, S.J.; Proteins and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. **The British Journal of Nutrition**, v.87, p 459-468, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. Versão eletrônica. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p. Disponível em <<http://www.ial.sp.gov.br>>

KAUSHIK, S.J.; FAUCONNEAU, B. Effects of lysine administration on plasma arginine and some nitrogenous catabolism in rainbow trout. **Compendium Biochemical Physiology A**, V. 79A, P. 459-462, 1984.

KAUSHIK, S.J. Whole body amino acid composition of European seabass (*Dicentrarchus labrax*), gilthead seabream (*Sparus aurata*) and turbot (*Psetta máxima*) with as estimation of their IAA requirement profiles. **Aquatic Living Resources**, v.11, p 355-358.1998.

KIM, K.I.; KAYES, T.B.; AMUNDSON, C.H. Requirements for lysine and arginine by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), **Aquaculture**, Amsterdam, v. 106, p. 333 - 344, 1992.

LEE, D.J.; PUTNAM, G.B.; The response of rainbow trout to varying protein/energy rations in a test diet. **Journal of Nutrition**, v.103, p 916-122, 1972.

LUO, Z.; LIO, Y.J. ; MAI, K.S.; TIAN, L.X.; TAN, X. Y.; YANG, J.H. Effects of arginine level on growth performance on body composition of juvenile Grouper *Epinephelus coioides*. **Journal of Applied Ichthyology**, Berlin, v. 23, p. 252-257, 2007.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura - Brasil 2008-2009**. Brasília: MPA, 2010. 101p. Disponível em: <www.mpa.org.br>

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundiá 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.

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 the World Aquaculture Society**, v. 37, p 388-396, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington: National Academy Press, 2011.

NOSE, T.. et al. A note of amino acids essential for growth on Young carp. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 40, n.9, p. 903-908, 1974.

LOWRY, O.H. ROSEBROUGH N.J.; FARR, A.L.; RANDALL, R. J. Protein measurement with Folin-phenol reagent. **Journal of Biological Chemistry**, v.193, p.265-275, mai. 1951. Disponível em: <<http://www.jbc.org/content/193/1/265.full.pdf+html>>. Acesso em: 20 ago. 2012.

REBECA, R. **Utilização dos aminoácidos L-arginina e L-glutamina e produção de mediadores inflamatórios pelas células Walker 256**. 2008.(135f).Tese (Doutorado em ciências bioquímicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SALWAY, J.G. **Metabolismo passo a passo**, 3ª Edição, Oxford, Artmed Editora S.A. 2009.

SANTIAGO, C.B.; LOVELL, L.T. Amino acid requirement for grow of Nile tilapia. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 118, p.1540-1546, 1988.

SAS - Statistical Analysis System. **User's Guide**. Version 9.2. North Caroline, USA: SAS Institute, Inc., 2009.

SHA ALAM Md. S.; TESHIMA, S.-I.; ISHIKAWA, M. KOSHIO, S. Effects of dietary arginine and lysine levels on grow performance and biochemical parameters of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries Science, Tokyo**, v. 68, p. 509-519, 2002.

TIBALDI, E.; TULLI, F.; LANARI, D. Arginine requirement and effect of dietary arginine and lysine levels for fingerlings sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.127, p.217-218, 1994.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal of Animal Science**, v.26, n.1, p.119-120, 1967.

WAN, J.; MAI, K.; AI, Q. The recent advanced on arginine nutritional physiology in fish nutrition. **Journal of Fishery Sciences of China**, V.13, P.679-685, 2006.

WILSON, R.P. Aminoacids and protein. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. **Fish nutrition**. 3rd Edition, USA: Elsevier Science, p. 144-175, 2002.

ZHOU, H.; CHEN, N.; QIU, M. ZHAO, M.; JIM, L. Arginine requirement and effect of arginine intake on imunity in largemouth bass, *Micropterus salmoides*. **Aquaculture nutrition**, v.18, p. 107 – 116, 2012.

4. CAPÍTULO II

RESPOSTA NUTRICIONAL DO JUNDIÁ (*Rhamdia quelen*) À INCLUSÃO DE ARGININA

DANIEL MASCHIO²

SUZETE ROSSATO³

DANIEL ANTONIO ROTILLI³

JULIO BARALDI DE SOUZA⁴

RAFAEL LAZZARI⁵

JOÃO RADÜNZ NETO⁶

¹ Parte da dissertação apresentada pelo primeiro autor para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

² Zootecnista, aluno do programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria, RS. dani.maschio@hotmail.com.

³ Zootecnistas, alunos do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. suzeterossato@yahoo.com.br/daniel_rotilli@hotmail.com.

⁴ Aluno de graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. baraldisouza@yahoo.com.br.

⁵ Zootecnista, Dr., Professor adjunto do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM. rlazzari@ufsm.br.

⁶ Engenheiro Agrônomo, Dr. Professor Associado do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria/UFSM 97115-900 - Santa Maria, RS. jradunzneto@smail.ufsm.br.

Aprovado no Comitê de Ética em Experimentação Animal da UFSM com parecer: nº 131/2011

Resposta nutricional do jundiá (*Rhamdia quelen*) à inclusão de arginina

Resumo: O objetivo deste trabalho foi avaliar o nível ótimo de inclusão de arginina sob a inclusão fixa de 6,6% das frações proteicas dietárias em lisina para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*). O experimento, que teve duração de 7 semanas, foi conduzido no Laboratório de Piscicultura da Universidade Federal de Santa Maria, em sistema de recirculação de água, utilizando-se 12 tanques de 280 L, cada qual equipado com duas unidades experimentais (gaiolas com volume útil de 15 L), cada unidade foi povoada com 15 peixes (peso inicial de 3,00 g). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, testando seis níveis crescentes de arginina: 4,20 / 4,65/ 5,0/ 5,35/ 5,65 e 6,00%, totalizando 6 tratamentos com 4 repetições. Os tratamentos eram compostos por dietas semipurificadas, isoproteicas e isocalóricas (formuladas com 37% PB e 3200 Kcal EM Kg⁻¹). Após as 7 semanas foram avaliados parâmetros zootécnicos, rendimentos e índices corporais, composição centesimal, taxas de retenção de lisina e de arginina, e parâmetros bioquímicos sanguíneos e hepáticos. As variáveis foram analisadas por meio do pacote estatístico SAS 9.2, sendo submetidas a um teste de normalidade seguido de análises de variância utilizando regressão polinomial sempre que o modelo apresentou ajuste (P<0,05). Nas condições do presente estudo a inclusão 5,8% de arginina (proteína), proporcionou maiores peso final e taxa de crescimento específico sem trazer reflexos a composição centesimal dos jundiás.

Palavras chave: Dietas semipurificadas, regressão polinomial, parâmetros zootécnicos, composição centesimal, taxa de retenção de arginina.

Nutritional response of catfish (*Rhamdia quelen*) increasing of arginine

Abstract: The aim of this study was to evaluate the optimum level of inclusion of arginine in the fixed inclusion of 6.6% of dietary protein fractions in lysine for juvenile south brazilian catfish (*Rhamdia quelen*). The trial, which lasted seven weeks, was conducted in the fish farming Laboratory of the Federal University of Santa Maria, in water recirculation system, using 12 280 l tanks, each equipped with two experimental units (cages with a volume of 15 l), each unit was populated with 15 fish (initial weight of 3.00 g). The experimental design was completely randomized testing six levels of increasing arginine: 4.20, 4.65, 5.0, 5.35, 5.65 and 6.00%) for a total of 6 treatments with 4 replicates. The treatments consisted of semipurified diets isoproteic and isocaloric (37% CP 3000 Kcal kg⁻¹). After 7 weeks zootechnical parameters were evaluated, income and body indices, composition, retention rates of lysine and arginine, blood and hepatic biochemical parameters. The variables were analyzed using the statistical package SAS 9.2, being subjected to a normality test followed by analysis of variance using polynomial regression model showed that always fit (P <0.05). Under the conditions of this study the inclusion of arginine% 5.8% (protein), and resulted in higher final weight and specific growth rate without bringing reflexes in the chemical composition of silver catfish.

Keywords: Semipurified diets, polynomial regression, zootechnical parameters, composition, retention rate of arginine.

4.1. Introdução

O consumo de organismos aquáticos cresce ano a ano, no entanto a obtenção desses produtos por meio da pesca extrativa se encontra estagnada e sem perspectiva de crescimento, fazendo do cultivo desses organismos, uma ferramenta crucial para que as demandas futuras de pescado sejam supridas de forma adequada. Dentro deste segmento, a piscicultura mundial cresceu 60,2%, no período de 2007 a 2009 e o Brasil encontra-se em destaque, refletindo o seu potencial em crescimento da atividade na última década (MPA, 2010).

Na região sul do Brasil onde o clima limita o cultivo tanto de espécies nativas com potencial à piscicultura quanto espécies exóticas, o jundiá (*Rhamdia quelen*) vêm se demonstrando como uma espécie promissora. Porém são poucos os estudos voltados à determinação de suas exigências nutricionais ocultando o seu verdadeiro potencial já que a alimentação, além de maximizar o desempenho, pode representar até 90% do custo de produção, além disso, está diretamente ligada a sustentabilidade dos sistemas de cultivo. Desse modo, para que a demanda de pescado seja suprida pelo cultivo é de extrema importância que a atenção seja voltada a formulação de dietas adequadas para os peixes (WILSON, 2002).

A proteína é o componente mais estudado quando tratamos de nutrição de peixes, seu consumo faz com que através da digestão sejam obtidos aminoácidos, estes são absorvidos pelo trato intestinal e utilizados na síntese de vários tecidos. Todavia quando os aminoácidos não suprem as exigências, o reflexo é uma queda no crescimento e perda de peso (WILSON, 2002). Nesse contexto, estudos referentes a exigências nutricionais, mais especificamente em aminoácidos se fazem fundamentais para exploração adequada das espécies promissoras à piscicultura.

A arginina é um aminoácido básico, codificado pelo código genético, portanto faz parte das proteínas dos seres vivos. É considerado um aminoácido essencial para peixes, está envolvido em uma série de funções biológicas importantes, tais como, síntese de proteínas, creatina, produção de ureia, metabolismo do ácido glutâmico e prolina, óxido nítrico e poliaminas desempenhando um importante papel nos processos anabólicos (WAN et al., 2006). Em muitos casos apresenta uma relação antagônica com lisina, podendo uma inadequada inclusão tanto de lisina quanto de arginina trazer reflexos negativos como queda de desempenho e maior excreção de amônia. Portanto diversos estudos têm sido conduzidos a

respeito dos reflexos à adição de arginina em dietas para peixes. Segundo o NRC (2011) esta exigência se dá na faixa de 1 a 3% das dietas (3 a 6% da fração proteica).

Tendo em vista o contexto abordado, para que possamos explorar de forma eficaz o potencial do jundiá, e como consequência impulsionar a piscicultura com espécies nativas especialmente na região sul do Brasil, este trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão de níveis crescentes de arginina sob um nível fixo de lisina em dietas semipurificadas para jundiá, *Rhamdia quelen*, visando obter dados sobre exigências da espécie e assim elaborar dietas adequadas.

4.2. Material e métodos

Peixes e condições

O estudo foi conduzido no Laboratório de Piscicultura da UFSM (altitude 95m, 29°43'S, 53°42'W) entre outubro a dezembro de 2011, com duração de 7 semanas. Os parâmetros de qualidade d'água, temperatura e oxigênio dissolvido foram monitorados diariamente com o auxílio de oxímetro digital (modelo 550A-YSI-YellowSprings-EUA) e semanalmente monitorava-se pH, alcalinidade, dureza, nitrito e amônia com o auxílio de kit comercial (Alfakit[®], Florianópolis, SC). A água utilizada para a realização dessas análises foi coletada do decantador, sempre pela manhã antes da limpeza diária. Os seguintes valores médios foram obtidos: temperatura 24±1,63°C; oxigênio dissolvido 7,85±0,72 mg L⁻¹; pH 7,16±0,60; amônia total 0,18±0,08 mg L⁻¹; amônia não ionizada (NH₃) 0,002 mg/L; nitrito 0,01±0,08 mg L⁻¹; alcalinidade 41±4,27 mg L⁻¹ CaCO₃; dureza total 31±9,4 mg L⁻¹ CaCO₃. Todos os parâmetros se mantiveram dentro da faixa adequada para o jundiá (BALDISSEROTTO; SILVA, 2004).

Os animais foram obtidos da piscicultura da Universidade de Passo Fundo (UPF, RS). Utilizou-se de um total de 360 juvenis (peso médio, 3,00±0,3 g e comprimento médio, 7,11 ± 0,37 cm). Foram distribuídos 15 animais por unidade experimental, em densidade inicial de 3g de peixe L⁻¹.

Antes do início do experimento os peixes passaram por um período de adaptação de 15 dias, alimentados com ração comercial peletizada, sendo o trabalho conduzido em sistema de

recirculação composto por um reservatório d'água de 2000 litros, 12 caixas d'água (280 L), decantador e dois filtros biológicos. Cada caixa d'água foi equipada com dois tanques-rede (15L), totalizando 24 unidades experimentais.

Delineamento e dietas

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, testando seis tratamentos (níveis crescentes de arginina: 4,20, 4,65, 5,0, 5,35, 5,65 e 6,00%) com quatro repetições. Os níveis de inclusão foram definidos com base nos resultados do primeiro experimento, objetivando diminuir o intervalo de inclusão para arginina buscando um resultado mais preciso. O nível de lisina manteve-se fixo, em torno de 6,65% (proteína) para que fosse possível avaliar a resposta à arginina em uma inclusão ainda maior de lisina. Para isto foram elaboradas rações semipurificadas, isoproteicas (37% PB) e isocalóricas (3.200 kcal EM kg⁻¹) conforme Meyer e Fracalossi (2004), com base proteica originada da mistura de caseína, gelatina e premix aminoacídico e como fontes energéticas a maltodextrina e óleo de fígado de bacalhau e óleo de canola.

Os ingredientes utilizados foram previamente analisados no laboratório de piscicultura para obtenção da sua composição centesimal (matéria seca, cinzas, proteína bruta, lipídeos, fibra em detergente neutro e carboidratos) seguindo, respectivamente, os métodos 012/IV, 018/IV, 037/IV e 353/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008), Van Soest (1967) e por diferença. Além das análises de composição bromatológica, as fontes proteicas utilizadas foram encaminhadas ao LAMIC/UFMS para obtenção dos perfis de aminoácidos das mesmas.

Assim foi possível combinar caseína e gelatina de forma que a dieta não ultrapassasse os teores mínimos dos aminoácidos testados. O restante da proteína foi suprida a partir do premix de aminoácidos, livre de lisina e arginina. A essa formulação basal acrescentou-se níveis crescentes dos aminoácidos testados (Tabela 10 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Para a confecção das dietas, os ingredientes foram pesados, misturados e após a mistura, mediu-se o pH das rações com auxílio de pHmetro digital para posterior neutralização com a adição de NaOH 6N, conforme Nose et al. (1974), neutralizadas, as misturas foram umedecidas e peletizadas em moedor de carne elétrico para posterior secagem em estufa com recirculação de ar forçada durante 24 horas (50°C). Secas rações foram trituradas para obtenção de grânulos de aproximadamente 3 mm e mantidas em freezer (-18°

C) até o momento de fornecimento aos peixes. Amostras de ração foram coletadas para posterior análise de composição centesimal conforme os métodos citados anteriormente.

Tabela 10. Formulação das dietas experimentais (%) confeccionadas com ingredientes semipurificados com diferentes níveis de arginina para o jundiá.

Ingredientes (%) **	Níveis de arginina					
	4.20	4.65	5.00	5.35	5.65	6.00
Caseína	36,33	36,33	36	36	36	35,5
Gelatina	1	1	1	1	1	1
Maltodextrina	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
Óleo de canola	2	2	2	2	2	2
Óleo fíg. bacalhau	2	2	2	2	2	2
Arginina*	-	0,16	0,31	0,45	0,6	0,75
Premix aminoacídico ¹	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16	8,16
Celulose	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
(Melbond®) ²	2	2	2	2	2	2
Fosfato bicálcico	1	1	1	1	1	1
Sal comum	1	1	1	1	1	1
Premix vitmin ³	2	2	2	2	2	2
Antioxidante (BHT) ⁴	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Total	100	100	100	100	100	100
Lisina	2,49	2,48	2,46	2,48	2,46	2,43
Arginina	1,56	1,72	1,86	2,00	2,13	2,26
Metionina+Cistina	1,17	1,18	1,17	1,19	1,17	1,17
Triptofano	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,49
Treonina	1,72	1,72	1,72	1,74	1,72	1,71
Valina	2,25	2,25	2,24	2,27	2,24	2,23
Isoleucina	1,67	1,66	1,66	1,68	1,66	1,65
Fenilalanina	2,08	2,07	2,07	2,09	2,07	2,05
Histidina	2,70	2,69	2,68	2,70	2,67	2,65
Leucina	3,38	3,37	3,36	3,40	3,36	3,34
Proteína	37,0	37,1	37,1	37,4	37,6	37,7
Carboidratos	30,3	30,3	30,4	30,0	31,0	30,0
Gordura	5,5	5,4	5,3	5,3	5,10	5,10
MM	4,9	4,9	5,0	5,1	5,1	5,1
EM ⁵	3.239	3.238	3.237	3.237	3.263	3.227

*Variável entre os tratamentos.

** Composição centesimal dos ingredientes e das rações analisadas no laboratório de Piscicultura UFSC. Aminograma obtido por HPLC no LAMIC/UFSC.

¹ Premix aminoacídico correspondente ao perfil de aminoácidos da albumina do Ovo, (exceção lisina e arginina): Lisina 0 ;Arginina 0 ; Histidina 2,55%; Treonina 5,18%; Valina 6,57%; Leucina 9,21%; Isoleucina 5,88%; Metionina+Cistina 5,86%; Fenilalanina 5,73%; Tirosina 4,40%; Triptofano 1,31%; Aspartato 10,93%; Glutamina 14,09%; Serina 7,20%; Alanina 6,00%; Glicina 3,63%; Prolina 5,11%; Ajinomoto Internacional Indústria e Comércio LTDA (São Paulo). Níveis de garantia dos aminoácidos livres; Tratamentos compostos por diferentes níveis de inclusão de lisina e arginina.

² Lignosulfonato de cálcio e magnésio (Melbar, São Paulo, SP, Brasil).

³ Composição da mistura vitamínica e mineral por kg de produto (MigFish®, RS, Brasil): 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.

⁴ BHT: 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol

⁵ Valor energético dos ingredientes conforme Lee e Putman (1972) considerando os valores fisiológicos de 9 kcal/g para gordura e 4 kcal/g para proteína e carboidratos.

Dietas suplementadas com 500 mg vitamina C Kg⁻¹

Manejo

O alimento foi fornecido 3 vezes ao dia (5% peso vivo), as 09:00, 15:30 e 17:30 horas. Diariamente, antes da primeira e da última alimentação sifonava-se as unidades experimentais para remoção dos resíduos de fezes e possíveis sobras de ração. Biomassas foram realizadas a cada 7 dias para ajuste da oferta de alimento.

Coleta de informações e amostras

Após os 49 dias experimentais os peixes foram submetidos a um jejum de 24 horas, posteriormente anestesiados com benzocaína (previamente testada, utilizando a concentração de 35 mg L⁻¹), medidos e pesados individualmente para obtenção dos parâmetros zootécnicos, peso médio final (PMF), comprimento total (CT) e padrão (CP), ganho médio diário (GMD), fator de condição (FC=(PF x100)/(CT³)), taxa de crescimento específico (TCE=[(ln PF – ln PI)/d]*100), taxa de eficiência proteica (TEP=ganho em peso/proteína consumida), conversão alimentar aparente (alimento consumido total/ganho de peso no período), eficiência alimentar (EA=ganho em peso no período/consumo de matéria seca) e sobrevivência (S). Onde: ln= logaritmo neperiano; PI= peso inicial; d= período experimental, em dias.

Rendimentos e índices corporais

Para as informações de rendimento foram separados 10 peixes no início do experimento e ao final das sete semanas experimentais foram amostrados 2 animais por unidade experimental (8 peixes por tratamento) para a coleta de dados. O peixes foram abatidos (benzocaína 250 mg L⁻¹), eviscerados, coletando os pesos do peixe inteiro, peixe eviscerado, fígado, trato gastrointestinal e gordura celomática. Também foi aferido o comprimento total e o comprimento do trato gastrointestinal dos animais. A partir destas informações foi possível obter as variáveis, rendimento de carcaça (RC), índice hepatossomático (IHS=(peso do fígado/peso do peixe)*100), índice digestivossomático (IDS=(peso do trato/peso do peixe)*100), índice de gordura celomática (IGC= (peso de tecido adiposo celomático/peso inteiro) x 100) e quociente intestinal (QI= comprimento do trato/comprimento do peixe).

Bioquímica sérica

Antes da biometria final realizou-se a coleta de sangue por punção da veia caudal, utilizando seringas heparinizadas, os peixes foram anestesiados conforme descrito anteriormente. Após a coleta foram abatidos por overdose de benzocaína (250 mg L^{-1}). As amostras de sangue foram centrifugadas para a obtenção do plasma que foi utilizado para quantificação dos níveis plasmáticos de proteínas totais circulantes e albumina. Para estes testes foram utilizados kits colorimétricos comerciais (Doles). Para a análise de aminoácidos no plasma foi utilizada a metodologia de SPIES (1957). O valor para globulinas foi obtido pela diferença entre as proteínas totais circulantes e albumina.

Bioquímica hepática

Nos exemplares abatidos para os rendimentos, o fígado foi coletado e fracionado em amostras de 25 mg de tecido. A glicose hepática foi quantificada pelo método de Dubois et al. (1956), glicogênio pelo método de Bidinotto et al. (1997), amônia total pelo método de Verdouw et al. (1978), proteínas totais pelo método de Bradford, (1976). Os aminoácidos foram quantificados pela metodologia de Spies (1957), as transaminases - aspartato aminotransferase (AST) e alanino aminotransferase (ALT) - quantificadas através de kits colorimétricos comerciais (Doles).

Composição centesimal

No início do experimento 20 peixes foram abatidos por overdose (benzocaína 250 mg L^{-1}), (amostras compostas por 5 peixes), as mesmas foram trituradas e congeladas para posterior análise da composição centesimal (Matéria seca, cinzas, proteína bruta e teor lipídico). O mesmo procedimento foi realizado após o período experimental, sendo eutanasiados quatro peixes por unidade experimental (amostras compostas por dois peixes). A avaliação bromatológica (matéria seca, cinzas, proteína bruta, teor lipídico) foi realizada no Laboratório de Piscicultura (UFSM), por meio dos respectivos métodos 012/IV, 018/IV, 037/IV e 353/IV do Instituto Adolfo Lutz (2008). Baseado nesses resultados foi possível obter as variáveis, coeficiente de retenção proteica ($CRP=100*[(Pf*PBCf) - (Pi*PBCi)]/ACt*PBCc$), a deposição de proteína corporal ($DPC= [Pf * (%PBCf/100)] - [Pi * (%PBCi/100)]$) e a

deposição de gordura corporal ($DGC=[Pf * (\%GCf/100)] - [Pi * (\%GCI/100)]$), onde: PBCi= proteína corporal inicial; PBCf = proteína corporal final; PBC= proteína bruta da dieta; GCi= gordura corporal inicial; GCf= gordura corporal final; ACt= alimento consumido total.

Retenção de aminoácidos

Para a determinação do perfil de aminoácidos da carcaça, foram compostas amostras de 4 peixes por tratamento, os quais foram homogeneizados, e encaminhadas ao LAMIC/UFSM para a obtenção do aminograma por cromatografia líquida de alta performance (HPLC). As amostras foram submetidas à hidrólise com ácido clorídrico (HCl) bidestilado 6N, seguida de derivação pré-coluna dos aminoácidos livres com felilisotiocianato (PITC) e a separação dos derivados com feniltiocarbamilaminoácidos (PITC-aa), em coluna de fase reversa C18 (Pico-tag-3,9x300mm), com detecção de UV a 254 nm. A quantificação de cada amostra foi baseada na altura de cada pico de aminoácido tendo-se usado como referência a altura do pico do padrão interno de aminoácidos com concentração conhecida, com o padrão derivado nas mesmas condições e no mesmo tempo das amostras. Somadas a informações de desempenho, com a composição das dietas e com o perfil de aminoácidos das carcaças dos jundiás foi possível obter a retenção de lisina e arginina, obtidas pela equação, $\text{retenção de lisina/arginina} = 100 \times (\text{peso final} \times \text{AAE final}) - (\text{Peso inicial} \times \text{AAE inicial}) / \text{AAE ingerido}$.

Análise estatística

As variáveis foram submetidas ao pacote estatístico SAS 9.2 (2009), passando por teste de normalidade, seguido de análises de variância, utilizando o modelo de regressão polinomial que apresentou o melhor ajuste. Para isto, além da significância ao modelo, levou-se conta o coeficiente de determinação, estabelecendo como critério para escolha de um modelo de regressão polinomial mais complexo, a distância mínima de 3% para o mesmo. Quando os resultados não apresentaram ajuste à regressão, o procedimento adotado foi comparação de médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

4.3. Resultados

Desempenho zootécnico

Na Figura 7 pode-se observar o efeito da adição de arginina nas dietas sob o peso médio final (PMF), comprimento total (CT), ganho médio diário, (GMD) e taxa de crescimento específico, (TCE). PF e TCE tiveram comportamento quadrático, encontrando um ponto de máxima para essas variáveis próximo ao 5,8%. Já CT e GMD apresentaram ajuste as equações lineares, representados respectivamente pelas fórmulas, “Y (CT) = 6,9725+0,5578x” e “Y(GMD) = 0,5196+0,0303x”.

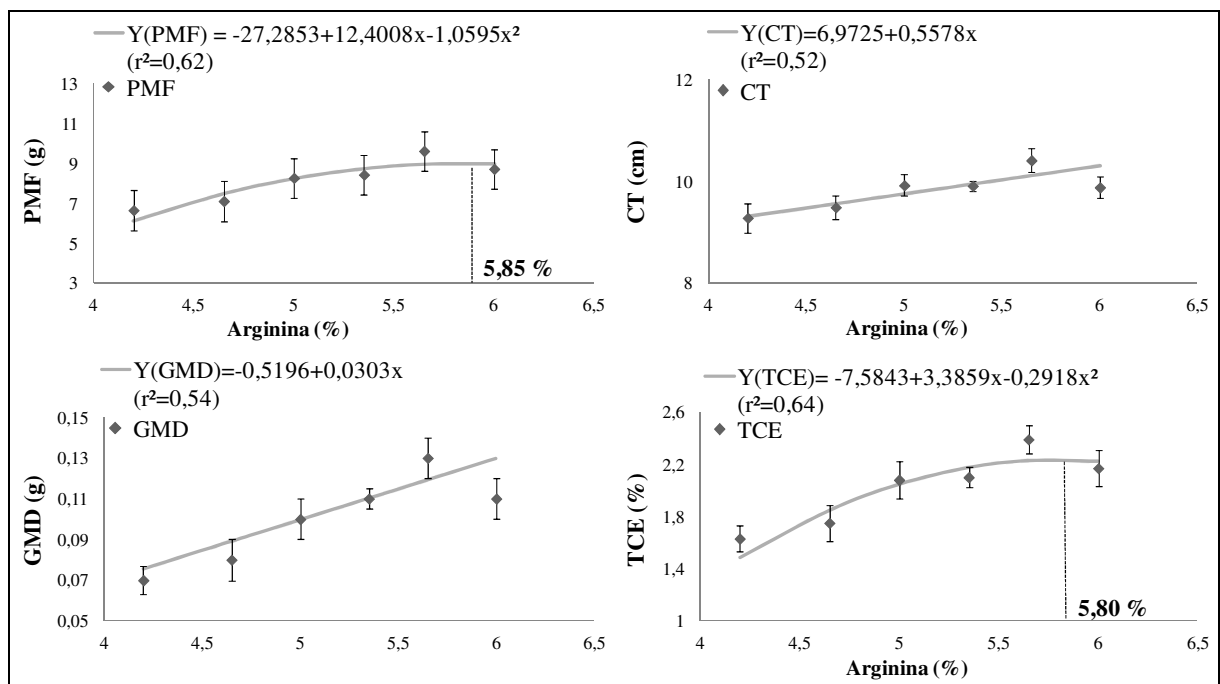


Figura 7. Efeito do nível de arginina e respectivas médias para o peso médio final (PMF), comprimento total (CT), ganho médio diário, (GMD) e taxa de crescimento específico (TCE) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.

A variável conversão alimentar aparente (CAA) apresentou comportamento quadrático conforme exposto na Figura 8, obtendo um ponto de mínima em 5,64% da fração proteica dietética em arginina.

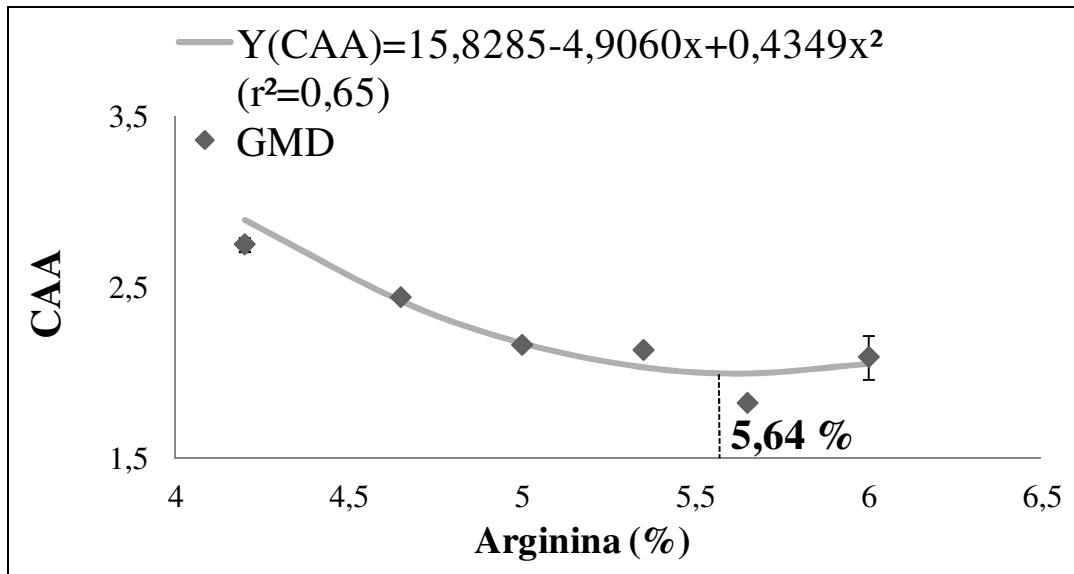


Figura 8. Efeito do nível de arginina e respectivas médias dos tratamentos para conversão alimentar aparente, (CAA) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.

Os demais parâmetros de desempenho zootécnico, fator de condição (FC), eficiência alimentar (EA), taxa de eficiência proteica (TEP) e sobrevivência (S), não foram influenciados pela adição de arginina nas dietas (Tabela 11).

Tabela 11. Fator de condição, eficiência alimentar, taxa de eficiência proteica e sobrevivência de juvenis de jundiás alimentados com diferentes níveis de arginina.

Arginina (%) ¹	FC	EA	TEP	S (%)
4,20	0,83±0,05	0,36±0,20	0,83±0,02	96±3,84
4,65	0,82±0,05	0,39±0,15	0,90±0,02	96±3,84
5,00	0,84±0,06	0,45±0,14	1,07±0,03	96±3,84
5,35	0,86±0,08	0,45±0,08	1,04±0,01	98±3,33
5,65	0,85±0,04	0,54±0,09	1,25±0,04	100±0,0
6,00	0,90±0,10	0,52±0,04	1,18±0,09	100±0,0
P	NS	NS	NS	NS

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; FC = Fator de condição ; EA = Eficiência alimentar; TEP = Taxa de eficiência proteica; S = Sobrevivência; ; Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey ; NS= Não significativo (P>0,05).

Rendimentos e índices corporais

Os parâmetros rendimento de carcaça (RC) e índice digestivo somático apresentaram comportamento quadrático (Figura 9) à adição de arginina, resultando em um ponto de máxima de 5,43% para RC e um ponto de mínima de 5,06% para IDS.

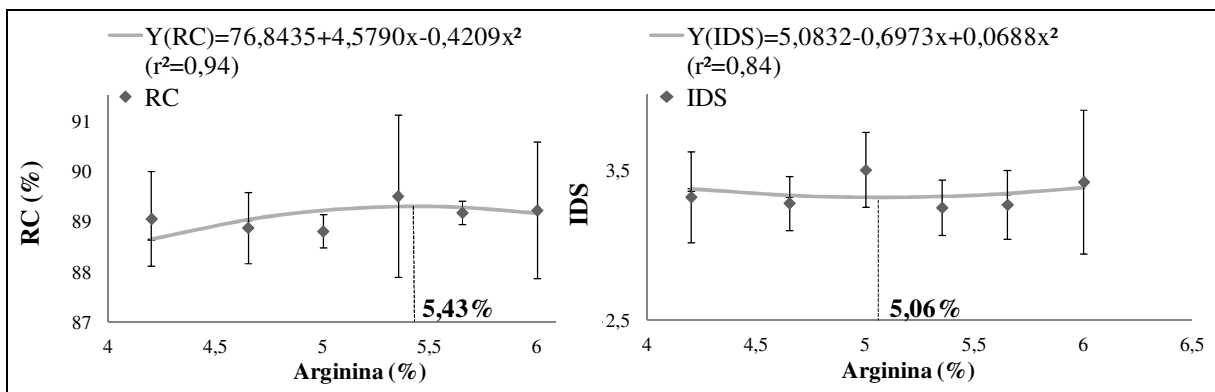


Figura 9. Efeito do nível de arginina e respectivas médias dos tratamentos para o rendimento de carcaça, (RC) e índice digestivo somático (IDS) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.

Os demais parâmetros de rendimento, índice hepato somático (IHS), índice de gordura visceral (IGV), e quociente intestinal (QI), não apresentaram diferenças quando aos níveis testados de arginina (Tabela 12).

Tabela 12. Parâmetros corporais de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina.

Arginina (%) ¹	IHS	IGV	QI
Inicial	3,27 ^A ±0,43	0,80±0,18	1,06±0,21
4,20	1,55 ^B ±0,17	1,75±0,60	1,07±0,10
4,65	1,88 ^B ±0,23	1,42±0,35	1,08±0,13
5,00	1,80 ^B ±0,22	1,61±0,39	1,11±0,08
5,35	1,88 ^B ±0,47	1,90±0,91	1,07±0,07
5,65	2,25 ^{AB} ±1,27	1,71±0,39	1,01±0,06
6,00	1,48 ^B ±0,31	0,99±0,44	0,98±0,20
P	0,05	NS	NS

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; IHS = Índice hepato somático; IGV Índice de gordura visceral; QI = Quociente intestinal; Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05).

Composição corporal e retenção de nutrientes

Entre os parâmetros umidade (Um), matéria seca (MS), material mineral (MM), proteína bruta (PB) teor lipídico (Lip), coeficiente de retenção proteico (CRP) e deposição de gordura corporal (DGC), foi verificada ação da arginina apenas para MM e DGC. Para MM a diferença encontrada foi em relação aos teores finais e o teor inicial (Tabela 13), já para deposição de gordura corporal, o tratamento que apresentou maior deposição foi referente a inclusão de 5,65% de arginina, sendo que este não apresentou ajuste aos modelos de regressão polinomial testados.

Tabela 13. Parâmetros bromatológicos para juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina.

Arg. (%) ¹	UM	MS	MM	PB	LIP	CRP	DGC
In.	76,96±0,4	23,04±0,32	2,09 ^B ±0,0	14,71±0,2	6,08±0,1	-	-
4,20	75,63±0,9	24,36±0,94	2,79 ^A ±0,1	15,61±0,6	6,35±0,3	14,46±1,4	0,21 ^C ±0,01
4,65	75,30±1,2	24,69±1,20	2,65 ^A ±0,2	15,64±0,4	6,67±0,1	14,97±1,3	0,27 ^{BC} ±0,02
5,00	75,77±1,1	24,22±1,12	2,80 ^A ±0,0	15,49±0,4	6,57±0,6	17,49±2,1	0,34 ^B ±0,06
5,35	74,91±0,7	25,08±0,75	2,72 ^A ±0,1	15,54±0,4	6,06±0,2	17,52±2,1	0,30 ^{BC} ±0,01
5,65	75,22±0,5	24,77±0,55	2,69 ^A ±0,2	15,67±0,5	6,76±0,6	21,36±1,5	0,44 ^A ±0,04
6,00	75,87±1,1	24,13±1,12	2,70 ^A ±0,1	15,54±0,5	5,76±1,6	21,28±3,8	0,30 ^{BC} ±0,07
P	NS	NS	0,05	NS	NS	NS	0,05

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; Arg.= arginina; Um = umidade; MS = matéria seca; MM = matéria mineral; PB = Proteína bruta; Lip = Teor lipídico; CRP = coeficiente de retenção proteica; DGC = Deposição de gordura corporal. Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05).

A deposição de proteína corporal (DPC), representada pela Figura 10, teve comportamento linear, expresso pela equação “Y(DPC) = -0,3475+0,2303x”.

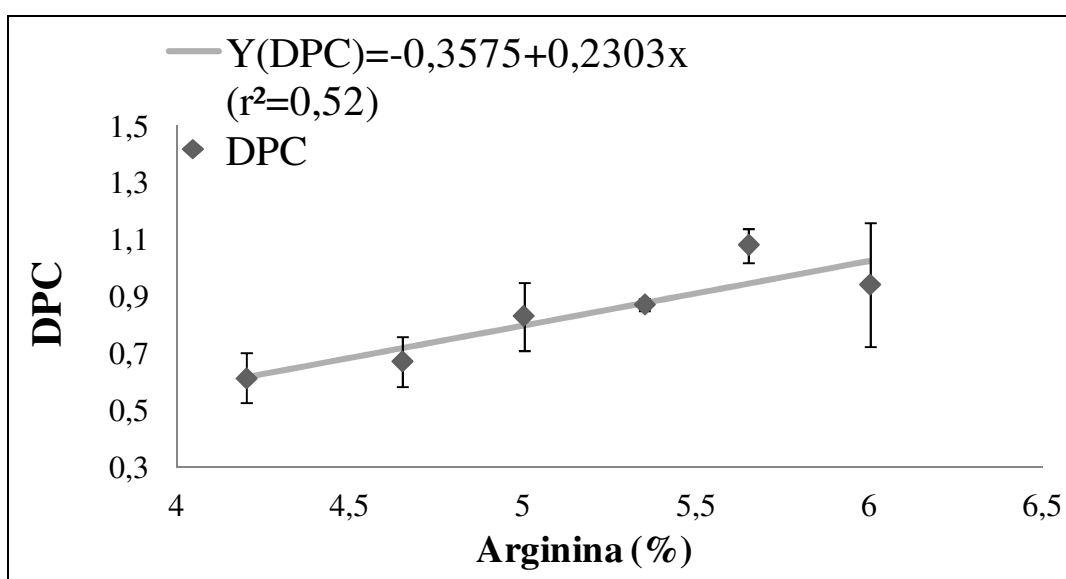


Figura 10. Efeito do nível de arginina e respectivas médias dos tratamentos para a deposição de proteína corporal, (DPC) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.

Retenção de lisina e arginina

Os níveis de arginina testados tiveram ação significativa nas retenções de lisina e arginina das dietas (Tabela 14). As maiores deposições para arginina foram encontradas nos tratamentos com a sua menor adição, já para lisina as deposições mais elevadas ficaram entre as inclusões de 5,00 a 6,00% de arginina na proteína das dietas. Além disso, a deposição de lisina apresentou ajuste ao modelo de regressão polinomial observando um ponto de máxima próximo a 5,7% (Figura 11).

Tabela 14. Retenção de lisina e arginina da dieta na composição da carcaça de peixes alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina.

Taxas de retenção (%)	Arginina	Lisina
	4,20	26,70 ^{BC} ±2,13
	4,65	27,75 ^B ±2,00
	5,00	33,94 ^{AB} ±2,23
Arginina (%) ¹	5,35	35,96 ^A ±1,12
	5,65	37,27 ^A ±1,69
	6,00	34,87 ^A ±5,99
P	0,05	0,05

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; Laudo do perfil aminoacídico emitido por LAMIC/UFSM, Perfil de aminoácidos da ração embasado em certificados de garantia da Ajinomoto e perfil de aminoácidos das fontes proteicas emitido pelo LAMIC/UFSM, Taxa de retenção de aminoácidos essenciais (AAE) = 100 x (peso final x AAE final) - (Peso inicial x AAE inicial) / AAE ingerido.

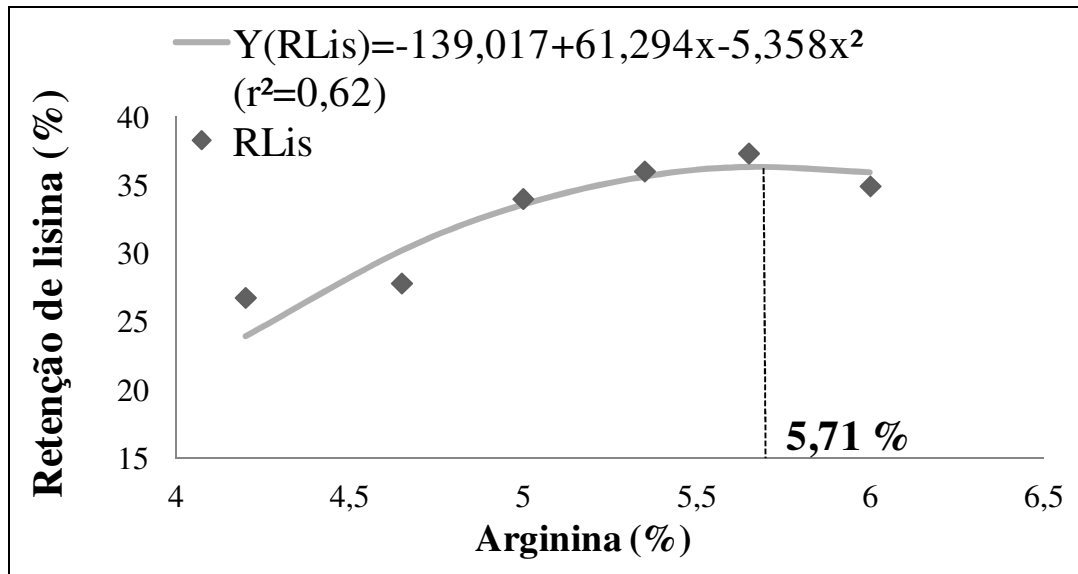


Figura 11. Efeito do nível de arginina e respectivas médias dos tratamentos para a retenção de lisina, (TDLis) em juvenis de jundiá alimentados com diferentes níveis de arginina na dieta.

Parâmetros bioquímicos

Tantos os parâmetros avaliados no fígado quanto os avaliados no plasma dos juvenis de jundiá não apresentaram diferenças significativas, conforme as Tabelas 15 e 16.

Tabela 15. Proteínas totais, aminoácidos livres, amônia, glicogênio, glicose, TGP e TGO hepáticos, em juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina.

Arg. (%) ¹	Proteína (mg g ⁻¹)	AA (μmol g ⁻¹)	Amônia (μmol g ⁻¹)	Glic. (μmol g ⁻¹)	Glicose (μmol g ⁻¹)	TGP (UI mg ⁻¹)	TGO (UI mg ⁻¹)
4,20	18,03±10	52,91±20	9,87±1,7	24,38±10	160,14±15	8,93±1,81	348,20±8,44
4,65	11,04±1,6	41,54±11	9,98±1,1	16,87±4,9	157,37±26	13,08±3,41	352,19±88,66
5,00	13,85±1,5	49,64±10	8,12±1,7	23,36±8,6	172,89±42	10,44±3,49	306,55±63,28
5,35	10,20±3,8	48,18±2,6	9,41±0,7	14,49±8,7	172,19±37	13,50±5,09	362,56±35,41
5,65	14,35±5,1	42,11±11	9,06±0,8	23,08±11	185,41±38	10,54±3,19	331,15±28,73
6,00	14,46±6,3	48,32±11	9,72±1,9	27,46±5,3	182,61±34	8,50±2,84	272,70±62,76
P	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; Arg = Arginina; Glic.=Glicogênio;TGP = Alanina aminotransferase; TGO= Aspartato aminotransferase; Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05).

Tabela 16. Proteína, albumina, aminoácidos livres e globulinas plasmáticas em juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina.

Arg (%) ¹	Proteína (g dl ⁻¹)	Albumina (g dl ⁻¹)	AA (mm dl ⁻¹)	Globulinas (g dl ⁻¹)
4,20	2,66±0,32	0,40±0,16	2,77±0,47	2,25±0,34
4,65	2,43±0,19	0,77±0,46	2,61±0,43	1,65±0,32
5,00	2,46±0,24	0,70±0,28	3,21±1,46	1,75±0,41
5,35	2,78±0,22	1,10±0,13	2,61±0,43	1,68±0,33
5,65	2,73±0,09	0,85±0,43	3,37±0,59	1,87±0,48
6,00	2,50±0,13	0,79±0,35	3,13±0,90	1,71±0,41
P	NS	NS	NS	NS

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; Arg.=Arginina; Globulinas=Proteínas totais – albumina; Médias acompanhadas por letras diferentes em uma mesma coluna indicam diferença significativa pelo teste de Tukey; NS= Não significativo (P>0,05).

4.4. Discussão

Algumas espécies de peixes, assim como mamíferos, produzem arginina via ciclo da ureia, e esta produção tem a capacidade de suprir as necessidades de manutenção (FOURNIER et al., 2002), porém nas fases iniciais, a ingestão deste aminoácido torna-se indispensável já que além das elevadas demandas metabólicas o mesmo deve suprir o crescimento.

De acordo com o parágrafo anterior, os resultados deste estudo confirmam a importância deste aminoácido, observando tanto para peso final quanto taxa de crescimento específicos valores mais elevados à medida que os níveis de arginina cresciam nas dietas (Figura 7), encontrando com base nessas variáveis, uma exigência em arginina próxima a 5,8% (proteína). Cabe ressaltar que nesse estudo o teor de lisina manteve-se fixo em aproximadamente 6,65% (proteína), bastante elevado quando comparado com as recomendações de Montes-Girao e Fracalossi (2006). A inclusão de arginina também proporcionou uma otimização da conversão alimentar, encontrando um ponto de mínima em 5,65% (Figura 8) Isto pode ter ocorrido em virtude deste aminoácido fazer parte do código genético, portanto também faz parte dos componentes proteicos dos seres vivos, sendo assim, a sua administração de forma correta pode permitir um maior aproveitamento das proteínas de forma geral, evitando a perda de aminoácidos essenciais por falta de arginina durante a síntese proteica (FLINN et al., 2002).

Esses resultados são semelhantes com o encontrado no primeiro experimento, ficando clara a influência da arginina sobre o desempenho dos jundiás. Khan e Abidi (2011) também

encontraram ajuste à regressão polinomial, avaliando níveis de arginina sobre os parâmetros peso final (PF) e a conversão alimentar aparente (CAA) para *Heteropneustes fossilis*. O mesmo comportamento foi observado por Zhou et al. (2012) para a espécie *Micropterus salmoides*, resultando os baixos teores de arginina em queda no desempenho bem como menores taxas de crescimento e pior capacidade de converter o alimento em ganho de peso.

Os demais parâmetros de desempenho avaliados não foram influenciados pela arginina (Tabela 11), inferindo isto ao pequeno intervalo entre os tratamentos, já que estudos anteriores com jundiá encontraram resposta à arginina para TEP e EA.

Entre os parâmetros corporais, o índice hepato somático (Tabela 12) apresentou diferença quanto aos valores iniciais e finais. Já as variáveis RC e IDS (Figura 9) apresentaram ajustes às equações de regressão, apresentando o RC um ponto de máxima em 5,43% e o IDS um ponto de mínima em 5,06%. O maior rendimento de carcaça pode estar ligado a uma maior síntese proteica que ocorreria em função do adequado aporte em arginina, já o menor IDS pode ter ocorrido em virtude de um maior desenvolvimento das vilosidades intestinais já que o aminoácido não essencial, glutamina é obtidos através da arginina e possui ação direta na construção das vilosidades intestinais e na prevenção contra as atrofia nas mesmas. (YAN, L.; QIU-ZHOU, X, 2006), permitindo uma adequado absorção de nutrientes em um menor comprimento de intestino, no entanto apenas afirmáramos esta hipótese com a avaliação histológica do intestino.

A composição centesimal não foi influenciada pela arginina das dietas, encontrando apenas diferenças com relação aos valores iniciais e finais para MM. A não influência da arginina para estes parâmetros pode se dar pela função deste aminoácido, que está envolvido em uma série de vias metabólicas, como a própria síntese de proteínas, creatina, produção ureia entre outros processos biológicos atuando de forma indireta sua à síntese proteica (REBECA, 2008).

Sha et al. (2002) avaliando a adição de arginina em dietas para “japanese flounder” também não encontrou relação entre os níveis estudados de arginina e a composição centesimal dos animais. O mesmo foi observado por Zhou et al. (2012) e Luo et al. (2007), para “largemouth bass” (*Micropterus salmoides*) e “Grouper” (*Epinephelus coioides*), respectivamente, reforçando a idéia de que sua adição traz alterações metabólicas e estas refletem em melhor desempenho dos animais promovendo melhor crescimento porém não influencia na composição centesimal dos peixes.

A medida que cresciam os níveis de arginina das dietas, a taxa de deposição da mesma decresceu (Tabela 14) no entanto a taxa de deposição de lisina apresentou comportamento contrário, ajustando-se ao modelo de regressão polinomial (Figura 11).

Essa relação antagônica entre as taxas de deposição dos aminoácidos aqui estudados estão de acordo com os estudos de Berger et al. (1999) que comprovaram através de estudos *in vitro*, utilizando intestinos de salmão do atlântico que lisina e arginina são transportados pelo mesmo transportador difásico na membrana das bordas em escova no intestino. Além da competição intestinal, Berguer et al. (1998) concluíram que altas concentrações de lisina podem estimular a ação da enzima arginase no fígado dos peixes. A arginase tem sua ação na decomposição da arginina em ureia e ornitina. Portanto quando estimulada haverá quebra intensificada de arginina e a oferta deste aminoácido para a síntese proteica será prejudicada, o que poderia ter levado a uma menor deposição de arginina que seus níveis eram suplementados.

O resultado encontrado para a taxa de deposição de arginina conferem resultados obtidos por Zhou et al. (2012) para “largemouth bass”, *Micropterus salmoides*, observando menor deposição de arginina à medida que a inclusão do mesmo crescia. O mesmo trabalho também encontrou interferência da inclusão de arginina sobre a taxa de deposição de lisina, observando um resultado oposto à taxa de retenção de arginina, corroborando com os resultados deste estudo, que, além disso, encontro ajuste à regressão polinomial para a retenção de lisina (Figura 11). A maior deposição de lisina pode ter ocorrido em função do maior aporte em arginina das dietas, proporcionando uma otimização das suas funções metabólicas as quais preconizariam a síntese proteica.

Quanto as variáveis metabólicas, tanto os resultados obtidos para os parâmetros hepáticos (Tabela 15), quanto sanguíneos (Tabela 16), não foram encontradas diferenças significativas. Isto pode ter ocorrido em decorrência ao pequeno intervalo entre a inclusão de arginina dos tratamentos, que era cerca de 0,35% das frações proteicas das rações. Os valores encontrados para as variáveis sanguíneas são próximos aos relatados por Borges et al. (2005), que avaliou parâmetros metabolismo de jundiás cultivados em pisciculturas do RS. Robinson e Wilson (1981), também não encontraram influencia da arginina sobre os parâmetros sanguíneos estudados para o catfish (*Ictalurus punctatus*).

Portanto nas condições estudadas concluímos que o nível ótimo de inclusão gerados pela equação de regressão para arginina, quando as dietas possuem cerca de 6,65% de lisina nas frações proteicas para o jundiá é de 5,8%, já que este valor além de proporcionar maiores

peso final e taxa de crescimento específico, não trouxe influência à composição centesimal do jundiá, bem como também não foram relatadas alterações no metabolismo desses peixes. Além disso, esse valor é bastante próximo ao encontrado pela equação polinomial referente a melhor taxa de deposição de lisina, inferindo que nestas condições fornece arginina de modo que a demanda pela síntese proteica seja suprida, promovendo um maior aproveitamento da lisina das dietas.

4.5. Agradecimentos

A Ajinomoto pela colaboração com parte das matérias primas e ao CNPq pela bolsa de mestrado concedida a Daniel Maschio e de pesquisa (Pq1D) ao professor João Radünz Neto.

4.6. Referências Bibliográficas

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

BAKER, D.H. Lysine, arginine, and related amino acids: An Introduction To The 6th Amino Acid Assessment Workshop. **Journal of Nutrition**, v.137, p. 1599S-1601S, 2007.

BERGUE, G. E.; SVEIER, H.; LIED, E. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the requirement and metabolic effect of lysine. **Comparative biochemistry and physiology part A**, New York, v. 120, p. 447-495, 1998.

BERGUE, G, E.; BAKKE-MCKELLEP, A. N.; LIED, E. *In vitro* uptake and interaction between arginine and lysine in Atlantic Salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.179, p. 181 – 193, 1999.

BIDINOTTO, P.M.; SOUZA, R.H.S.; MORAES, G. 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, Acesso em: 20 ago, 2012.

BORGES, A.; SCOTTI, L.VL; SIQUEIRA, D. R.; JURINITZ, D.F.; WASSERMANN, G. F. Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.30, p.21-25, out. 2004.

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

DUBOIS, M.G.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; ROBERTS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal Chem** v.28, p. 350-358, 1956.

FOURNIER, V.;GUILLOU-COUSTANS, M.F.; METAILLER, R.; VACHOT, C.; GUEDES, M.J.; TULLI, F.; OLIVA-TELES, A.; TIBALDI, E.; KAUSHIK, S.J.; Proteins and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. **The British Journal of Nutrition**, v.87, p 459-468, 2002.

FLINN, N.E.; MEININGER, C.J.; HAYNES, T.E.; WU, G. The metabolic basis of arginine nutrition and pharmacotherapy. **Biomedicine and pharmacotherapy**, V. 56. p 427-438, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ, **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**, Versão eletrônica, São Paulo: IAL, 2008, 1020 p. Disponível em <http://www.ial.sp.gov.br>

LEE, D.J.;PUTNAM, G.B.; The response of rainbow trout to varying protein/energy rations in a test diet. **Journal of Nutrition**, v.103, p 916-122, 1972.

KHAN, M. A.; ABIDI, S.F. Dietary arginine requirements of *Heteropneustes fossilis* fry (Bloch) based on growth, nutrient retention and haematological parameters. **Aquaculture Nutrition**. v.17, n.4, p.418-428, 2011.

LUO, Z.; LIO, Y.J. ; MAI, K.S. .; TIAN, L.X.; TAN, X. Y.; YANG, J.H. Effects of arginine level on growth performance on body composition of juvenile Grouper *Epinephelus coioides*. **J. Appl. Ichthyol**, Berlin, v. 23, p. 252-257, 2007.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura - Brasil 2008-2009**. Brasília: MPA, 2010, 101p. Disponível em: www.mpa.org.br

MEYER, G.; FRACALOSSI, 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.

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 the World Aquaculture Society**, v. 37, p. 388-396, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**, Washington: National Academy Press, 2011.

NOSE, T.. et al. A note of amino acids essential for growth on Young carp. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 40, n.9, p. 903-908, 1974.

REBECA, R. **Utilização dos aminoácidos L-arginina e L-glutamina e produção de mediadores inflamatórios pelas células Walker 256**. 2008. (135f).Tese (Doutorado em ciências bioquímicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ROBINSON, E. H.; WILSON, R.P.; POE, W. E. Arginine requirement and apparent absence of a lysine-arginine antagonism of fingerlings channel catfish. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.11, p. 46-52, 1981.

SALWAY, J.G. **Metabolismo passo a passo**, 3ª Edição, Oxford, Artmed Editora S.A. 2009.

SAS - Statistical Analysis System. **User's Guide**. Version 9.2. North Caroline, USA: SAS Institute, Inc., 2009, pg 80.

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

SHA ALAM Md. S.; TESHIMA, S.-I.; ISHIKAWA, M. KOSHIO, S. Effects of dietary arginine and lysine levels on grow performance and biochemical parameters of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries Science, Tokyo**, v. 68, p. 509-519, 2002.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal of Animal Science**, v.26, n.1, p.119-120, 1967.

WAN, J.; MAI, K.; AI, Q. The recent advanced on arginine nutritional physiology in fish nutrition. **Journal of Fishery Sciences Of China**; V.13, P.679-685, 2006.

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

WILSON, R.P. Amino acids and protein, In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. **Fish nutrition**, 3rd Edition, USA: Elsevier Science, p. 144-175, 2002.

YAN, L.; QIU-ZHOU, X. Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). **Aquaculture**, v.256, p.389-394, 2006.

ZHOU, H.; CHEN, N.; QIU, M. ZHAO, M.; JIM, L. Arginine requirement and effect of arginine intake on immunity in largemouth bass, *Micropterus salmoides*. **Aquaculture nutrition**, v.18, p 107 – 116, 2012.

5. DISCUSSÃO GERAL

Com base no desempenho, os níveis ótimos de arginina em dietas para jundiá se encontram na faixa de 4,3 a 5,8% da proteína contida nas dietas. Os níveis de lisina testados influenciaram na estimativa dos pontos de máxima para arginina, obtendo um nível ótimo para este aminoácido, próximo a 5,4% em dietas com 4,5% de lisina na proteína, 4,6% em rações com de 5,1% de lisina e 5,8 em dietas com 6,65% de lisina nas frações proteicas.

No primeiro estudo os níveis de lisina testados influenciaram na resposta à arginina, expressando diferentes resultados à inclusão de arginina das dietas para PF, TCE, GMD, EA e TEP (Tabela 2). Entre estas variáveis cabe ressaltar PF, GMD e TCE que apresentaram ajuste as equações de regressão polinomial, nos dois cenários estudados (Figura 1).

A inclusão de 4,5% de lisina resultou em pontos de máxima (arginina), entre 5,31 e 5,45% enquanto a inclusão de 5,1% (lisina) em pontos de máxima mais, próximos a 4,6%. Já a maior inclusão de lisina (6,65%) resultou novamente em pontos de máxima para a arginina, superiores a 5%. Além desta diferença com relação aos níveis ótimos de arginina, foi observada uma queda bastante elevada nos coeficientes de determinação quando os níveis de lisina das dietas foram elevados.

São poucos os trabalhos que relatam e confirmam relações de antagonismo lisina/arginina em peixes, de modo geral essas diferenças se baseiam em pequenas alterações bioquímicas, como as observadas por Kaushik e Fauconneau (1984), Bergue et al (1997) e Bergue et al. (1998). No entanto os resultados desse estudo deixam clara a relação antagônica entre lisina e arginina para as variáveis de desempenho, uma vez que além de influenciar no nível ótimo, lisina fez com que a influência da arginina nos resultados fosse reduzida em cerca de 20% (Coeficientes de determinação das Figura 1 e Figura 7). A essa redução provavelmente está à ação da lisina, já que é observada dentro dos tratamentos em que seu teor é mais elevado.

Mesmo sabendo que algumas espécies de peixes produzem arginina via ciclo da ureia, e esta produção tem a capacidade de suprir as necessidades de manutenção (FOURNIER et al, 2002), os resultados obtidos nesse estudo demonstraram que baixos níveis de arginina nas dietas prejudicaram o crescimento do jundiá, refletindo em menores PMF. Além disso, verificou-se que a suplementação com cristais de L-arginina melhorou a TCE, GMD, CAA,

em ambos os experimentos (Tabela 2 e Tabela 3; Figura 1, Figura 2, Figura 3, Figura 7 e Figura 8).

Cabe ressaltar que no segundo estudo o teor de lisina manteve-se fixo em aproximadamente 6,65% (proteína), bastante elevado quando comparado com as recomendações de Montes-Girao e Fracalossi (2006). A inclusão de arginina também proporcionou uma otimização da conversão alimentar, encontrando um ponto de mínima em 5,65% (Figura 8) Isto pode ter ocorrido em virtude deste aminoácido fazer parte do código genético, portanto também faz parte dos componentes proteicos dos seres vivos, sendo assim, a sua administração de forma correta pode permitir um maior aproveitamento das proteínas de forma geral, evitando a perda de aminoácidos essenciais por falta de arginina durante a síntese proteica (FLINN et al., 2002).

O mesmo comportamento foi observado por Zhou et al. (2012) para a espécie *Micropterus salmoide*, refletindo os baixos teores de arginina em queda no desempenho bem como menores taxas de crescimento e pior capacidade de converter o alimento em ganho de peso. Sha Alan et al. (2002), avaliaram a exigência em arginina utilizando a mesma metodologia de dose resposta descrita neste estudo, obtendo com base em desempenho e estimativa por regressão de linha quebrada uma exigência de 4,3% da fração proteica em arginina para “Japanese flounder” (*Paralichthys olivaceus*). Outras espécies como salmão do atlântico, truta arco-íris e catfish africano possuem as respectivas exigências em arginina (em relação à proteína), 4,1, 4,2 e 4,5% (TIBALDI et al., 1994; KIM et al., 1992; SANTIAGO; LOVELL, 1988).

Embora os níveis testados de lisina não tenham influenciado no desempenho, no primeiro experimento, os valores encontrados para arginina com a adição em 5,1% de lisina (proteína), assemelham-se mais com as exigências descritas anteriormente. Além dessas espécies salienta-se a exigência em arginina do bagre norte-americano (*Ictalurus punctatus*) que segundo o NRC (2011) é de 4,3% em dietas com 5,1% de lisina (ambos em relação à proteína) bastante próxima com os resultados deste estudo considerando apenas desempenho.

Na avaliação de desempenho, as inclusões ótimas de arginina encontradas nesse estudo, divergem das estimativas realizadas por Meyer e Fracalossi (2005) para a mesma espécie, que a partir das exigências nutricionais de outros onívoros e da composição em aminoácidos dos jundiás chegam à estimativa de uma exigência de 3,72% (proteína) em arginina.

Além desse estudo com exigências em aminoácidos para jundiá, um pouco mais recente é o trabalho de Montes-girao e Fracalossi (2006), que seguindo a mesma metodologia do presente estudo (dose resposta e rações semipurificadas), avaliaram a exigência em lisina para o jundiá, apontando dois resultados originados a partir de diferentes análises estatísticas, determinando por regressão de linha quebrada a exigência de 4,5% em lisina e por regressão polinomial um nível ótimo de 5,1% (Ambos em relação à proteína).

A esses valores foi aplicada a fórmula de proteína ideal para peixes, descrita por Kaushik et al. (1998), estimando as exigências dos demais aminoácidos. O resultado encontrado para a exigência em arginina dentro da inclusão de 4,5% das frações proteicas em lisina foi de 4,7%, e quando estimada dentro da inclusão de 5,1% de lisina ficou em 5,5% das frações proteicas, diferindo dos valores encontrados nos ensaios biológicos do presente estudo que dentro da inclusão de 4,5% de lisina encontrou os níveis ótimos de arginina para as variáveis de desempenho próximos a 5,5% e dentro da maior inclusão de lisina (5,1%) encontrou melhor resposta da arginina com uma inclusão de 4,6% das frações proteicas.

Nesse contexto, as divergências encontradas nas estimativas de exigências aminoácidas por proteína ideal podem estar associadas a uma série de fatores, os quais não são levados em conta na sua aplicação. Um deles pode ser a relação antagônica entre lisina e arginina, que até então não havia sido estudada para o jundiá.

As variáveis taxa de eficiência proteica e eficiência alimentar que tiveram influência da arginina no primeiro experimento, não apresentaram diferença significativa no segundo estudo, inferindo isto ao pequeno intervalo entre os tratamentos no segundo experimento.

No primeiro estudo os resultados finais para parâmetros corporais, não foram influenciados pela arginina das dietas, encontrando apenas diferenças com relação aos valores iniciais e finais para RC, IDS e IHS (Tabela 5). A não influência da arginina para estes parâmetros pode se dar pela sua função, pois ao contrário da lisina que possui metabolismo básico voltado unicamente à síntese muscular (WILSON, 2002), a arginina está envolvida em uma série de vias metabólicas, como a própria síntese de proteínas, creatina, produção ureia entre outros processos biológicos atuando de forma indireta sua à síntese proteica (REBECA, 2008).

Já no segundo estudo, as variáveis RC e IDS (Figura 9) apresentaram ajustes às equações de regressão, apresentando o RC um ponto de máxima em 5,43% e o IDS um ponto de mínima em 5,06%. O maior rendimento de carcaça pode estar ligado a uma maior síntese proteica que ocorreria em função do adequado aporte em arginina, já o menor IDS pode ter

ocorrido em virtude de um maior desenvolvimento das vilosidades intestinais já que o aminoácido não essencial, glutamina é obtidos através da arginina e possui ação direta na construção das vilosidades intestinais e na prevenção contra as atrofia nas mesmas. (YAN; QIU-ZHOU,2006), permitindo uma adequada absorção de nutrientes em um menor comprimento de intestino, no entanto apenas afirmáramos esta hipótese com a avaliação histológica deste órgão.

Ambos os experimentos não encontraram ação da arginina sobre a composição centesimal dos peixes, encontrando apenas pequenas alterações com relação a valores iniciais e finais. A não influência da arginina para estes parâmetros pode se dar pela função deste aminoácido, que não têm aa deposição muscular como principal via metabólica (REBECA, 2008).

Sha Alam et al. (2002) avaliando a adição de arginina em dietas para “japanese flounder” também não encontraram relação entre os níveis estudados de arginina e a composição centesimal dos animais. O mesmo foi observado por Zhou et al. (2012) e Luo et al. (2007), para as respectivas espécies, “largemouth bass” (*Micropterus salmoides*) e “Grouper” (*Epinephelus coioides*), reforçando a ideia de que sua adição traz alterações metabólicas e estas refletem em melhor desempenho dos animais promovendo melhor crescimento porém não influencia na composição centesimal dos peixes.

Embora sua adição não tenha resultado em alterações bromatológicas, ambos os experimentos encontraram ação da arginina sobre a DPC apresentando comportamento quadrático no primeiro estudo e linear no segundo. A essa diferença nos ajuste às regressões podemos atribuir o intervalos diferente entre as inclusões de arginina nos experimentos. Além dessa divergência, o primeiro experimento encontrou ação da arginina sobre o CRP.

Para as variáveis descritas acima, os melhores resultados foram obtidos a medida em que cresciam os níveis de arginina em todos cenários estudados (Figura 4 e 10 e Tabela 6). A influência da arginina para essas variáveis pode ter contribuído com os resultados obtidos para o desempenho, o que reforça a atuação indireta da arginina sobre a síntese muscular.

Já lisina, no primeiro estudo, trouxe reflexos à composição centesimal dos juvenis de jundiá, observando que maior índice de gordura visceral e maior teor lipídico nos tratamentos com menor inclusão de lisina. A inclusão de 4,5% de lisina nas rações ainda resultou em maior teor de matéria seca e menor umidade (Tabela 5). Pode-se atribuir essa relação entre os resultados à baixa solubilidade dos lipídios para a formação da gordura, portando quanto

maior o teor lipídico, menor será o teor de umidade das amostras e em virtude disto, maior será a matéria seca.

Sabendo que lisina, é o aminoácido mais limitante para peixes (BALL et al., 2007), a elevação do índice de gordura visceral, índice hepato-somático e teor lipídico, somada ao menor rendimento de carcaça do tratamento com 4,5% de lisina pode estar associada a uma pequena carência nutricional com relação à inclusão de 5,1% deste mesmo aminoácido nas dietas. Embora não tenhamos comparado estatisticamente os experimentos 1 e 2 podemos observar que os teores de gordura obtidos tanto na menor inclusão de lisina do primeiro experimento, quanto no segundo experimento são bastante semelhantes (próximos a 6,5%). O que reforça ainda mais a ideia de que 5,1% em lisina atende de forma mais eficaz a exigência do mesmo aminoácido para o jundiá.

A inclusão de 5,1% de lisina ainda resultou em maior desenvolvimento do trato digestivo, o que pode ter proporcionado um maior aproveitamento da dieta. Desta forma com a menor inclusão de lisina teremos uma provável interferência na síntese muscular, o que teria levado ao menor rendimento de carcaça. Nesse caso, a não formação de proteína implicaria em catabolismo, e utilização dos aminoácidos como fonte energética o que explica a maior deposição de gordura nos animais alimentados com a menor inclusão de lisina (WILSON, 2002).

Montes-Girao e Fracalossi (2006) não encontraram relação entre os níveis testados de lisina e a deposição de gordura para o Jundiá. Já os resultados obtidos por Bicudo et al. (2009), com pacu, *Piaractus mesopotamicus*, seguem o mesmo resultado desse estudo, verificando que menores níveis de lisina resultaram em maior deposição de gordura. Abimorad et al. (2010), também estudaram a adição de lisina em dietas para pacu, obtendo menor deposição de gordura nos tratamentos com a maior adição de lisina.

Os resultados dentro da menor inclusão de lisina no primeiro experimento foram semelhantes aos obtidos no segundo experimento, resultando em maiores taxas de deposição do mesmo aminoácido, à medida que cresciam os níveis de arginina das dietas (Tabela 7 e Figura 11), já a taxa de deposição de arginina, tanto na menor inclusão de lisina no primeiro estudo, quanto no segundo estudo (6,65% de lisina), teve decréscimo à medida que arginina era incluída nas dietas. O contrário aconteceu com a adição de 5,1% de lisina na proteína das rações.

Esses resultados corroboram com a ideia de que a inclusão de 5,1% de lisina supre de forma mais adequada à exigência do mesmo, fornecendo o aminoácido em quantidade

suficiente para a formação das bases pirimídicas, sendo assim os demais aminoácidos circulantes são direcionados à síntese de proteínas e retidos no organismo, ao invés de catabolizados como fonte energética o que pode resultar em deposição de gordura (SALWAY, 2009).

Os resultados dentro da menor e da maior (considerando os dois estudos) inclusão de lisina assemelham-se com os obtidos por Zhou et al. (2012) para “largemouth bass”, *Micropterus salmoides* e Luo et al. (2007) com “grouper”, *Epinephelus coioides*, ambos os trabalhos encontraram menor deposição de arginina à medida que a inclusão do mesmo crescia. Nestes trabalhos, a taxa de deposição de lisina apresentou o mesmo comportamento do presente estudo quando avaliado dentro da inclusão 4,5% de lisina (Tabela 7).

Em ambos os experimentos a maior deposição de lisina pode ter ocorrido devido ao maior aporte em arginina das dietas, proporcionando uma otimização das suas funções metabólicas as quais preconizariam a síntese proteica (WILSON, 2002).

Entre as variáveis bioquímicas estudadas foram encontradas apenas alterações em proteínas totais no fígado dos peixes do primeiro experimento. Com exceção à inclusão de 5,6% de arginina, dentro da maior inclusão de lisina, os níveis mais elevados de arginina resultaram em menor proteína no fígado (Tabela 9). A isso podemos inferir um maior aproveitamento das proteínas dietárias, diminuindo a atividade de desaminação no fígado o que resultaria em menor proteína total no mesmo (CHAMPE et al., 2009), já que, acompanhado as maiores inclusões de arginina estão os resultados para desempenho como descrito anteriormente. Já na combinação das maiores inclusões de lisina e arginina, o que pode ter levado ao elevado valor para proteína hepática pode ter sido caminho inverso, ou seja, o excesso de aminoácidos na dieta poderia ter levado a desaminação. Porém para confirmar essas hipóteses seriam necessárias mais análises laboratorial.

No segundo experimento tanto os resultados obtidos para os parâmetros hepáticos (Tabela 15), quanto sanguíneos (Tabela 16), não demonstraram diferenças significativas. Isto pode ter ocorrido em decorrência ao pequeno intervalo entre a inclusão de arginina dos tratamentos, que era cerca de 0,35% das frações proteicas das rações. Os valores encontrados para as variáveis sanguíneas são próximos aos relatados por Borges et al. (2004), que avaliaram parâmetros metabólicos de jundiás cultivados em pisciculturas do RS. Robinson e Wilson (1981) também não encontraram influência da arginina sobre os parâmetros sanguíneos estudados.

6. CONCLUSÕES GERAIS

Portanto, nas condições do estudo, conclui-se que os níveis ótimos de inclusão de lisina e arginina das dietas são 5,1 e 4,6% da fração proteica respectivamente. A combinação destes resultados além de proporcionar maior crescimento, sem prejudicar a composição dos animais, trouxe maior rendimento de carcaça, acompanhado de menor teor lipídico em juvenis de jundiá, *Rhamdia quelen*.

Os resultados indicam uma relação antagônica entre lisina e arginina para o jundiá, uma vez que as diferentes combinações de ambos os aminoácidos estudados refletiram em resultados diferentes nos parâmetros zootécnicos, bioquímicos e nas taxas de retenção de lisina e de arginina.

A inclusão de 4,5% de lisina na fração proteica das dietas resultou em menor índice digestivosomático acompanhado de maior altura das vilosidades intestinais.

Comparando os resultados obtidos nos dois estudos, o comportamento do nível ótimo de arginina em relação aos teores de lisina das dietas é cúbico, uma vez que os teores extremos de lisina testados apresentaram resultados semelhantes, no entanto para confirmar essa hipótese seriam necessários novos estudos a fim de encaixar os resultados em uma equação de regressão multivariada.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMORAD, E.G.; FAVERO, G. C.; SQUASSONI, G.H.; CARNEIRO, D. Dietary digestible lysine requirement and essential amino acid to lysine ratio for pacu *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture nutrition**, v.16, p.370-377, 2010.

AHMED, I.; KHAN, M. A. Dietary arginine requirement of fingerling indian major carp, *Cirrhinus mrigala* (Hamilton). **Aquaculture Nutrition**, v. 10, p. 217-225, 2004.

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

BALL, R.O.; URSCHEL, K.L.; PENCHARS, P.B. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. **Journal of Nutrition**, v.137, p.1626-1641, 2007.

BALDISSEROTTO, B.; RADÜNZ NETO, J.; BARCELLOS, L.G. Jundiá (*Rhamdia* sp). In: BALDISSEROTTO, B; GOMES, L.C. (Org.). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. 2 ed. Santa Maria: Editora da UFSM, p. 301-333, 2010.

BAKER, D.H. Lysine, arginine, and related amino acids: An Introduction To The 6th Amino Acid Assessment Workshop, **Journal of Nutrition**, V.137, P. 1599S-1601S, 2007.

BERG, J.M.; TYMOCZKO J.L.; STRYER L. **Bioquímica**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 1059p, 2004.

BERGUE, G. E.; LIED, E.; SVEIER, H. Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the requirement and metabolism of arginine. **Comparative biochemistry and physiology part A**, New York, v. 117, p. 501-509, 1997.

BERGUE, G. E.; SVEIER, H.; LIED, E. (1998). Nutrition of Atlantic salmon (*Salmo salar*): the requirement and metabolic effect of lysine. **Comparative biochemistry and physiology part A**, New York, v. 120, p. 447-495, 1998.

BERGUE, G. E.; BAKKE-MCKELLEP, A. N.; LIED, E. *In vitro* uptake and interaction between arginine and lysine in Atlantic Salmon (*Salmo salar*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.179, p. 181 – 193, 1999.

BICUDO, A.J.A.; SADO, R.Y.; CYRINO, J.E.P. Dietary lysine requirement of juvenile Pacu, *Piaractus mesopotamicus*. **Aquaculture**, Amsterdam, v.297, p.151-156, 2009.

BICUDO, A.J.A. **Exigências nutricionais para juvenis de Pacu (*Piaractus mesopotamicus* Holmberg, 1887): Proteína, energia e aminoácidos**. Piracicaba. 2008. (122f). Tese (Doutorado em agronomia) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura, Luiz de Queiroz, 2008.

BORGES, A.; SCOTTI, L.VL; SIQUEIRA, D. R.; JURINITZ, D.F.; WASSERMANN, G. F. Hematologic and serum biochemical values for jundiá (*Rhamdia quelen*). **Fish Physiology and Biochemistry**, v.30, p.21-25, out. 2004.

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

DUBOIS, M.G.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; ROBERTS, P.A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Anal Chem** v.28, p. 350-358, 1956.

COLDEBELLA, I.J.; RADÜNZ NETO, J. Farelo de soja na alimentação de alevinos de jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, v. 32, n.3, p, 499-503, 2002.

CYRINO, J.E.P.; URBINATI, E.C.; FRACALOSSO, D.M.; CASTAGNOLLI, N. **Tópicos especiais em piscicultura de água doce tropical intensiva**. São Paulo: Ed. TecArt, 533p., 2004.

CHAMPE, P.C. et al. **Bioquímica ilustrada**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 528 p.

FOURNIER, V.;GUILLOU-COUSTANS, M.F.; METAILLER, R.; VACHOT, C.; GUEDES, M.J.; TULLI, F.; OLIVA-TELES, A.; TIBALDI, E.; KAUSHIK, S.J.; Proteins and arginine requirements for maintenance and nitrogen gain in four teleosts. **The British Journal of Nutrition**, v.87, p 459-468, 2002.

FLINN, N.E.; MEININGER, C.J.; HAYNES, T.E.; WU, G. The metabolic basis of arginine nutrition and pharmacotherapy. **Biomedicine and pharmacotherapy**, V. 56. p 427-438, 2002.

HALVER, J.E.; HARDY, R. W. **Fish Nutrition**. San Diego: Academic press, p.256, 1989.

KAUSHIK, S.J.; FAUCONNEAU, B. Effects of lysine administration on plasma arginine and some nitrogenous catabolism in rainbow trout. **Compendium Biochemical Physiology A**, V. 79A, P. 459-462, 1984.

KAUSHIK, S.J. Whole body amino acid composition of European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) Gilthead Seabream (*Sparus aurata*) and Turbot (*Psetta maxima*) with an estimation a IAA requirement profiles. **Aquatic Living Resources**, Nantes, v.11, p. 355-358, 1998.

KHAN, M. A.; ABIDI, S.F. Dietary arginine requirements of *Heteropneustes fossilis* fry (Bloch) based on growth, nutrient retention and haematological parameters. **Aquaculture Nutrition**. v.17, n.4, p.418-428, 2011.

KIM, K.I.; KAYES, T.B.; AMUNDSON, C.H. Requirements for lysine and arginine by rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*), **Aquaculture**, Amsterdam, v. 106, p. 333 - 344, 1992.
LEE, D.J.; PUTNAM, G.B.; The response of rainbow trout to varying protein/energy rations in a test diet. **Journal of Nutrition**, v.103, p 916-122, 1972.

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

KUÇUKBAY, F.Z.; YAZLAK, H.; SAHIN, N.; AKDEMIR, F.; ORHAN, C.; JUTURU, V.; SAHIN, K.; Efectes of dietary arginine silicate inositol complex in mineral status in rainbow trout (*Onchornhyncus mykiss*). **Aquaculture nutrition**, Oxford, v. 14, p. 257-262, 2008.

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

LAZZARI, R.; RADÜNZ, J.R.; EMANUELLI, T.; PEDRON, F.A.; COSTA, M.L.; LOSEKANN, M.E.; CORREIA, V.; BOCHI, V.C.; Diferentes fontes proteicas para a alimentação do jundiá (*Rhamdia quelen*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.240-246, 2006.

LEHNINGER, A. Aminoácidos, peptídios e proteínas. In: NELSON, D.L.; COX, M.M. **Lehninger: Princípios de bioquímica**. 4ª edição. São Paulo: Sarvier, p 74-111, 2007.

LUO, Z.; LIO, Y.J. ; MAI, K.S. .; TIAN, L.X.; TAN, X. Y.; YANG, J.H. Effects of arginine level on growth performance on body composition of juvenile Grouper *Epinephelus coioides*. **J. Appl. Ichthyol**, Berlin, v. 23, p. 252-257, 2007.

MPA – Ministério da Pesca e Aquicultura. **Boletim estatístico da pesca e aquicultura - Brasil 2008-2009**. Brasília: MPA, 2010. 101p. Disponível em: <www.mpa.org.br> Acesso em 05.jul.2011.

MEYER, G.; FRACALOSSO, D.M. Protein requirement of jundiá 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.

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 the World Aquaculture Society**, v. 37, p 388-396, 2006.

MD. SHAH, A.; SHIN-ICHI, T.; SHUNSUKE, K., MANABU I. Arginine requirements of juvenile japonese flounder *Paralichthys olivaceus* estimated by growth and biochemical parameters. **Aquaculture**, v. 205, p.140-127 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. Washington: National Academy Press, 2011.

NOSE, T.. et al. A note of amino acids essential for growth on Young carp. **Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries**, v. 40, n.9, p. 903-908, 1974.

PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and usage of ideal proteins in the feeding of nonruminantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES. Maringá. **Anais**, Maringá, PR, p.119-128, 1994.

REBECA, R. **Utilização dos aminoácidos L-arginina e L-glutamina e produção de mediadores inflamatórios pelas células Walker 256**. 2008.(135f FOLHAS).Tese (Doutorado em ciências bioquímicas). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

ROBINSON, E. H.; WILSON, R.P.; POE, W. E. Arginine requirement and apparent absence of a lysine-arginine antagonism of fingerlings channel catfish. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v.11, p. 46-52, 1981.

RODEHUTSCORD et al. Availability and utilization of free lysine in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Effect of dietary crude protein level. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 187, p. 163- 176, 2000.

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, 2003.

SALWAY, J.G. **Metabolismo passo a passo**, 3ª Edição, Oxford, Artmed Editora S.A. 2009, pg 80.

SANTIAGO, C.B.; LOVELL, L.T. Amino acid requirement for grow of Nile tilapia. **The Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 118, p.1540-1546, 1988.

SAS - Statistical Analysis System. **User's Guide**. Version 9.2. North Caroline, USA: SAS Institute, Inc., 2009.

SHA ALAM Md. S.; TESHIMA, S.-I.; ISHIKAWA, M. KOSHIO, S. Effects of dietary arginine and lysine levels on grow performance and biochemical parameters of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*. **Fisheries science, Tokyo**, v. 68, p. 509-519, 2002a.

SINGH, S., KHAN, M. A. Dietary arginine requirement of fingerling hybrid Clarias (*Clarias gariepinus x Clarias macrocephalus*). **Aquaculture research**, v. 38, p. 17-25, 2007.

TEIXEIRA, E. A.; CREPALDI, D.V.; FARIA, P. M. C.; RIBEIRO, L. C.; CHEMIM DE MELO, D.; EULER, A. C. C. 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.

TIBALDI, E.; TULLI, F.; LANARI, D. Arginine requirement and effect of dietary arginine and lysine levels for fingerlings sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, Amsterdam, v.127, p.217-218, 1994.

TULLY, F.; VACHOT, C.; TIBALDI, E.; FOURNIER, V.; KAUSHIK, S. J.; Contribution of dietary arginine to nitrogen utilization and excretion in juvenile sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets deferring in protein sources. **Comparative Biochemistry and Physiology, part A**, Amsterdam, v. 147, p. 179-188, 2007.

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

WAN, J.; MAI, K.; AI, Q. The recent advanced on arginine nutritional physiology in fish nutrition. *Journal of Fishery Sciences of China*, V.13, P.679-685, 2006.

WILSON, R.P. Aminoacids and protein. In: HALVER, J.E.; HARDY, R.W. **Fish nutrition**. 3rd Edition, USA: Elsevier Science, p. 144-175, 2002.

YAN, L.; QIU-ZHOU, X. Dietary glutamine supplementation improves structure and function of intestine of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* var. Jian). *Aquaculture*, v.256, p.389-394, 2006.

ZHOU, H.; CHEN, N.; QIU, M. ZHAO, M.; JIM, L. Arginine requirement and effect of arginine intake on immunity in largemouth bass, *Micropterus salmoides*. *Aquaculture nutrition*, v.18, p 107 – 116, 2012.

8. ANEXOS

Tabela 17. Perfil de aminoácidos (%) essenciais na carcaça de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina sob dois níveis de lisina (Capítulo I).

Níveis de Arginina (%) ¹	4,5% Lisina ¹					
	2,5	3,0	3,6	4,3	5,0	5,6
Treonina	0,66	0,53	0,56	0,52	0,16	0,46
Valina	0,74	0,56	0,36	0,60	0,58	0,74
Metionina+Cistina	0,34	0,22	0,48	0,26	0,21	0,27
Isoleucina	0,93	0,83	0,88	0,82	0,79	0,73
Fenilalanina	0,94	0,92	0,52	0,86	0,96	1,07
Histidina	0,43	0,36	0,36	0,35	0,31	0,36
Lisina	2,01	1,77	1,66	1,74	1,59	2,12
Arginina	0,99	0,83	0,82	0,78	0,73	0,68
Níveis de Arginina (%) ¹	5,1% Lisina ¹					
	2,5	3,0	3,6	4,3	5,0	5,6
Treonina	0,53	0,46	0,23	0,50	0,62	0,88
Valina	0,78	0,39	0,71	0,68	0,45	0,62
Metionina+Cistina	0,37	0,32	0,22	0,42	0,63	0,60
Isoleucina	0,81	0,75	0,69	0,74	1,10	1,28
Fenilalanina	1,15	0,98	1,32	0,92	1,14	1,19
Histidina	0,39	0,35	0,27	0,38	0,43	0,51
Lisina	2,23	1,78	2,14	2,01	1,94	2,18
Arginina	0,59	0,63	0,71	0,66	1,02	1,28

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; Laudo do perfil aminoacídico emitido por LAMIC/UFSM.

Tabela 18. Perfil de aminoácidos (%) essenciais na carcaça de juvenis de jundiás alimentados com dietas contendo diferentes níveis de arginina (Capítulo II).

Arginina (%) ¹	4,20	4,65	5,00	5,35	5,65	6,00
Treonina	0,65	0,59	0,65	0,67	0,47	0,54
Valina	0,90	0,80	0,86	0,89	0,99	0,79
Metionina+Cistina	0,58	0,38	0,50	0,53	0,55	0,74
Isoleucina	1,13	0,87	1,08	1,04	0,74	0,77
Fenilalanina	1,20	1,09	1,17	1,17	0,74	1,01
Histidina	0,42	0,39	0,40	0,42	0,40	0,33
Lisina	2,07	1,98	2,07	2,18	1,95	2,02
Arginina	1,16	0,91	1,09	1,14	0,74	0,80

¹ Percentual dos aminoácidos em função da fração proteica das dietas; Laudo do perfil aminoacídico emitido por LAMIC/UFSM.

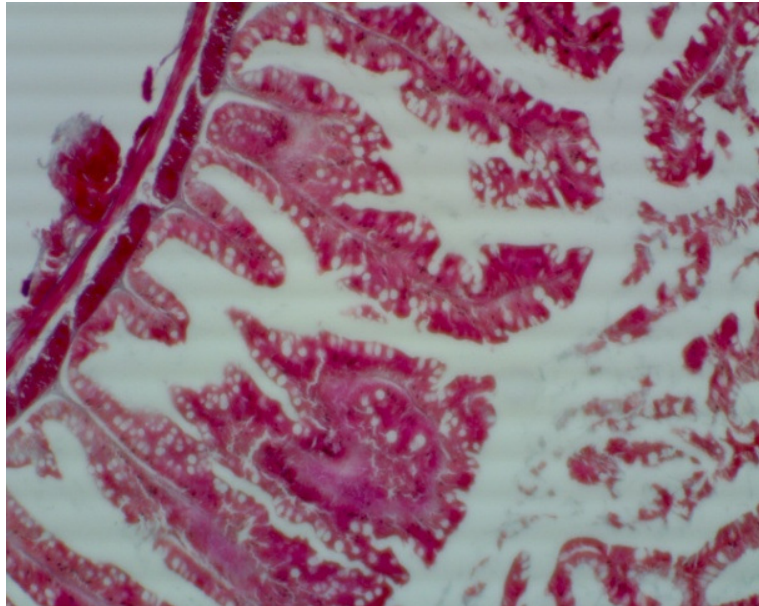


Figura 12. Cortes histológicos do intestino médio de juvenis de jundiá. Unidade 2, peixe 2, experimento I.

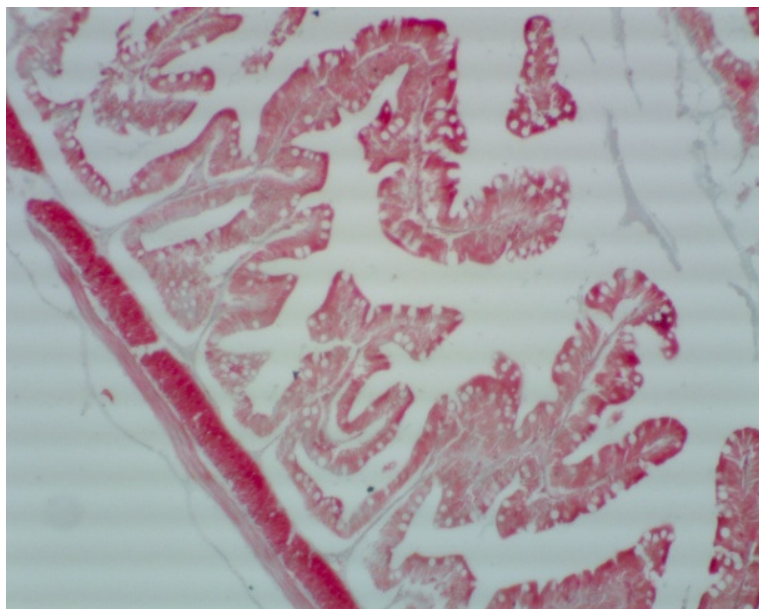


Figura 13. Cortes histológicos do intestino médio de juvenis de jundiá. Unidade 10, peixe 1, experimento I.

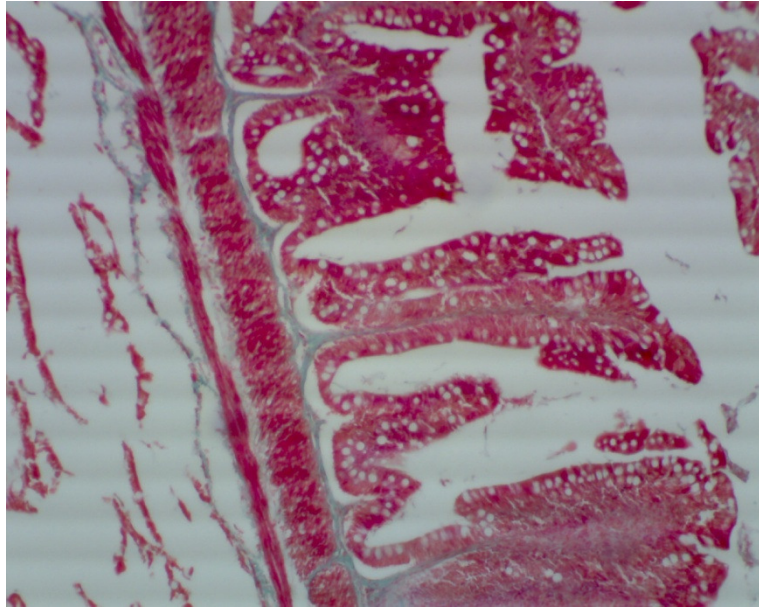


Figura 14. Cortes histológicos do intestino médio de juvenis de jundiá. Unidade 22, peixe 1, experimento I.

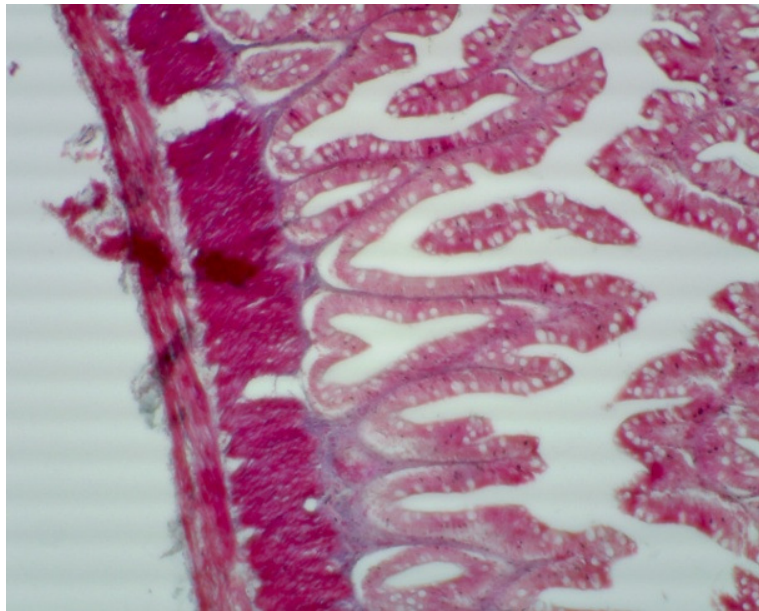


Figura 15. Cortes histológicos do intestino médio de juvenis de jundiá. Unidade 25, peixe 2, experimento I.



Figura 16. Ingredientes semipurificados utilizados para a confecção das rações para jundiá (*Rhamdia quelen*).

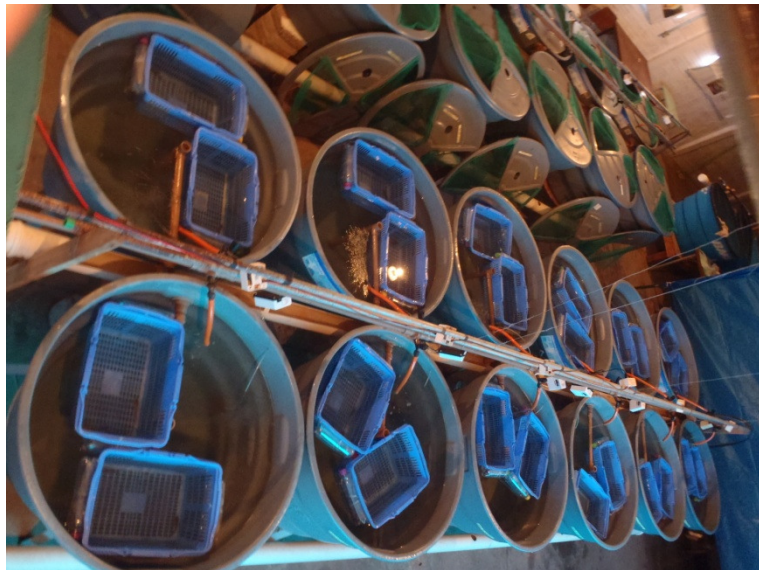


Figura 17. Circuito de recirculação de água equipado com unidades experimentais.



Figura 18. Juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*) dentro das gaiolas.

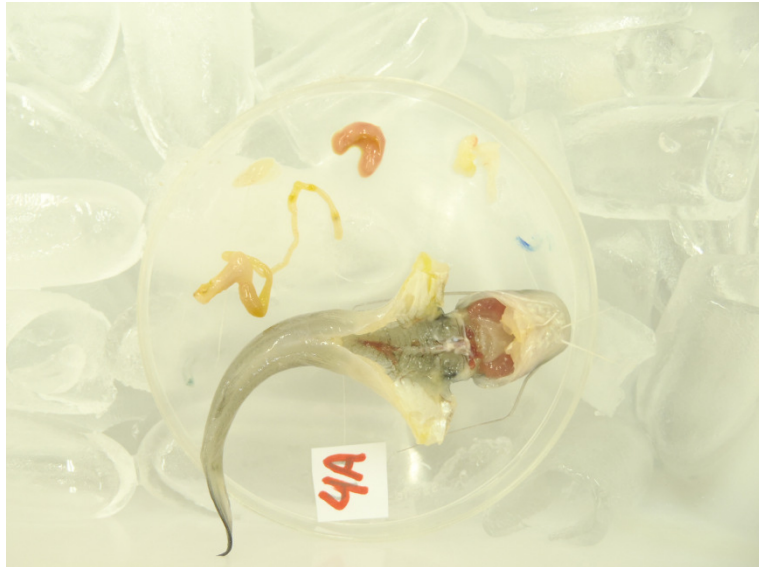


Figura 19. Obtenção dos rendimentos corporais de juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*).