

EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS PARA PEIXES REDONDOS

Data de submissão: 05/04/2023

Data de aceite: 02/05/2023

Maria Gomes da Silva Neta

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0002-3231-7470>

Maylanne Sousa de Lima

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha - MA
<https://orcid.org/0000-0001-5964-5995>

Vanessa Ferreira Batista

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0002-9638-5034>

Geisiane Silva Sousa

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0003-3686-5383>

Marcos Vinícius Silva Bastos

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0009-0009-5043-7124>

Vanilisa Chaves de Sousa

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0001-5840-3564>

Milena Sousa Veiga

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0009-0006-2046-0268>

Maiane Ferreira Silva

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0009-0004-2737-7075>

Marcos Antonio Delmondes Bomfim

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0002-1707-2970>

Felipe Barbosa Ribeiro

Universidade Federal do Maranhão
(UFMA)
Chapadinha – MA
<https://orcid.org/0000-0002-2505-3964>

José Fernando Bibiano Melo

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)
Petrolina – PE
<https://orcid.org/0000-0003-2068-4641>

Rafael Silva Marchão

Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF)
Petrolina – PE
<https://orcid.org/0000-0003-4676-3452>

RESUMO: Os peixes redondos são representados pelo tambaqui, pirapitinga e pacu e seus híbridos (tambacu e tambatinga) que são as espécies nativas mais cultivadas no Brasil. É fundamental a determinação das exigências aminoacídicas, para proporcionar melhor índices zootécnicos e menor excreção de compostos nitrogenados ao ambiente aquático. Assim, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica com a exigência dos aminoácidos essenciais, para as espécies de peixes redondos. A exigência de lisina para tambaqui varia de 1,54 – 1,78%, pacu 1,40 – 1,64% e Tambatinga 1,93%. A exigência de treonina para o tambaqui varia de 1,04 – 1,35% e para o tambatinga de 1,00 – 1,40%. A exigência de metionina mais cistina para tambaqui é de 1,15% e para tambatinga de 1,05%. As exigências de valina e triptofano estão disponíveis apenas para o tambaqui, com valores de 0,91 – 1,19% e 0,32%, respectivamente. Na literatura, não existe a recomendação para todos os aminoácidos essenciais para as espécies de peixes redondos, por meio de ensaios dose-resposta. Os estudos estão mais direcionados para determinação das exigências de aminoácidos para o tambaqui nas fases iniciais de cultivo, e a lisina é o aminoácido que apresenta o maior número de trabalhos. Na literatura são escassos estudos para determinação de aminoácidos para tambacu e pirapitinga.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição de peixes; *Colossoma macropomum*; *Piaractus mesopotamicus*; *Piaractus brachypomus*.

REQUIREMENT OF ESSENTIAL AMINO ACIDS FOR ROUND FISH

ABSTRACT: Round fish are represented by tambaqui, pirapitinga and pacu and their hybrids (tambacu and tambatinga) which are the most cultivated native species in Brazil. It is essential to determine the amino acid requirements, to provide better zootechnical indices and lower excretion of nitrogenous compounds to the aquatic environment. Thus, the objective was to carry out a bibliographical review with the requirement of essential amino acids, for round fish species. The lysine requirement for tambaqui varies from 1.54–1.78%, pacu 1.40–1.64% and Tambatinga 1.93%. The threonine requirement for tambaqui ranges from 1.04 – 1.35% and for tambatinga from 1.00–1.40%. Methionine plus cystine requirement for tambaqui is 1.15% and for tambatinga 1.05%. Valine and tryptophan requirements are only available for tambaqui, with values of 0.91–1.19% and 0.32%, respectively. In the literature, there is no recommendation for all essential amino acids for round fish species, by means of dose-response assays. Studies are more focused on determining the amino acid requirements

for tambaqui in the early stages of cultivation, and lysine is the amino acid that presents the greatest number of works. There are few studies in the literature for the determination of amino acids for tambacu and pirapitinga.

KEYWORDS: Fish nutrition; *Colossoma macropomum*; *Piaractus mesopotamicus*; *Piaractus brachypomus*.

1 | INTRODUÇÃO

Atualmente as pesquisas sobre as exigências nutricionais de peixes vem sendo direcionadas para a determinação das exigências de aminoácidos essenciais (NRC, 2011; BOMFIM et al., 2020; MARCHÃO et al., 2020; TEIXEIRA et al., 2020; DA COSTA SOUSA et al., 2021), uma vez que os peixes não possuem requerimento metabólico de proteína, mas sim de um balanceamento adequado de aminoácidos essenciais e não essenciais (WILSON, 2002; BOMFIM et al., 2010). Uma ração formulada somente com base no teor de proteína bruta, pode não atender as exigências nutricionais dos peixes para todos os aminoácidos, em especial os essenciais. Além disso, a limitação de um único aminoácido essencial na dieta, pode afetar a utilização da proteína pelos peixes (FURUYA et al., 2001; FURUYA et al., 2006).

Entres as espécies de peixes redondos, tambaqui (*Colossoma macropomum*) é a principal espécie nativa da região amazônica cultivada no Brasil e em outros países da América do Sul e Central (FERNANDES et al., 2018). Além do tambaqui, se destacam como peixes redondos de importância para a piscicultura nacional a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*), o pacu (*Piaractus mesopotamicus*) e os diferentes híbridos obtidos pelo cruzamento destas espécies (YOSHIOKA, 2004; ARAUJO-LIMA; GOMES, 2005).

Estas espécies apresentam características importantes para a produção comercial, tais como, rusticidade, adaptabilidade em sistemas de produção semi-intensivo e intensivo, crescimento rápido, boa qualidade de carne, alto valor comercial, aceitação da ração industrial e facilidade de reprodução por meio artificial (ARAUJO-LIMA; GOMES, 2005).

Diante disso, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica sobre a exigência dos aminoácidos essenciais na dieta para peixes redondos.

2 | PEIXES REDONDOS

As principais espécies de peixes redondos cultivados em água doce no Brasil são o tambaqui, pacu e pirapitinga, bem como seus híbridos (exemplo: tambacu e tambatinga), a nomenclatura de peixes redondos está relacionado a sua morfologia, ou seja, o formato do corpo (forma achatada) destas espécies que apresentam uma maior razão entre o comprimento do corpo pelo comprimento padrão com outros peixes de diferentes formatos (YOSHIOKA, 2004).

Nativo das bacias dos rios Amazonas e Orinoco pertencente à classe Osteichthyes,

da ordem Characiformes e família Serrasalmidae, o tambaqui se destaca como o segundo maior peixe de escamas de água doce da América do Sul, que com o crescimento e desenvolvimento da piscicultura vem sendo amplamente expandido para diversas regiões do país (DAIRIKI et al., 2011; BARÇANTE; SOUSA, 2015).

O tambaqui apresenta hábito alimentar onívoro e escamas com a coloração geralmente parda na metade superior e preta na metade inferior do corpo, sendo que pode variar de acordo com a cor da água, as nadadeiras são adiposas e curtas, o corpo é romboidal, com dentes molariformes e rastros branquiais longos e numerosos. Na natureza alimentam-se de frutos, sementes, zooplâncton, porém em cativeiro sua alimentação é baseada em ração balanceada (LOOSE et al., 2014; ARAÚJO-LIMA; GOMES, 2005; SOUZA; INHAMUNS, 2011; RODRIGUES, 2014).

Esta espécie possui características zootécnicas favoráveis para a aquicultura, como: produção de alevinos com facilidade, rápido crescimento em cativeiro, apresenta rusticidade, resistência a altas temperaturas na água, redução nos teores de oxigênio dissolvido na água e as enfermidades que podem apresentar durante o cultivo (MENDONÇA et al., 2009; BARÇANTE; SOUSA, 2015).

A pirapitinga pertence a ordem Characiformes, família Characidae e subfamília Serrasalminae, e é considerado o terceiro maior peixe de escamas da Amazônia, essa ordem é um dos maiores grupos de peixes de água doce (KUBITZA, 2004; VÁSQUEZ-TORREZ, 2005).

É considerado uma espécie nativa migradora de importância econômica e ecológica. Pode atingir até 80cm de comprimento e 20kg de peso. Seu hábito alimentar é onívoro, e em habitat natural se alimenta de frutos, folhas, sementes e microcrustáceos (ARAÚJO-LIMA; GOMES, 2005).

Essa espécie tem sido cultivada em sistemas intensivos e semi-intensivos em escala industrial, com importância comercial, por apresentar algumas características que são desejáveis no cultivo, como: rusticidade, docilidade, alto potencial para criação em tanques, além da qualidade e sabor de sua carne. Além disso, aceita diferentes alimentos naturais, dietas artificiais e subprodutos agroindustriais, sendo resistente ao manejo em cativeiro (VÁSQUEZ-TORREZ, 2005).

O pacu é bastante cultivado no Sudeste e Centro-Oeste do país. É uma espécie nativa tropical que apresenta grande potencial para a piscicultura, podendo ser encontrada desde a Bacia dos Rios Paraguai-Uruguaí até a Bacia do Rio Prata. Apresenta características como rusticidade, hábito alimentar herbívoro com preferência frugívora, com uma alimentação diversificada que varia de acordo com a sazonalidade. Além disso, apresenta carne de excelente qualidade e possui facilidade de se adaptar em criações de cativeiro (ABIMORAD, 2004) e é amplamente usado na pesca esportiva (FERNANDES et al., 2000). Esta espécie é de grande porte, com o corpo robusto e arredondado, apresentando no dorso uma coloração cinza-escuro e o ventre amarelo-dourado (VAZ et al., 2000;

FRANCO et al., 2013).

O tambacu (*Piaractus mesopotamicus* e *Colossoma macropomum*) é híbrido apreciado na piscicultura devido apresentar rápido crescimento e ganho de peso, além do interesse pela pesca esportiva (TAVARES-DIAS; MORAES, 2010). Deste cruzamento, se ganha à rusticidade do macho do pacu e a precocidade da fêmea do tambaqui.

Outro híbrido que destaca-se é tambatinga originado a partir da fêmea *Colossoma macropomum* e do macho *Piaractus brachypomus* (SUPLICY, 2007). Algumas características justificam o uso dessa espécie na aquicultura, por apresentar boa resistência ao manejo e adaptabilidade ao cultivo (ALENCAR-ARARIPE et al., 2011), com a vantagem de maior resistência às doenças acometidas a pirapitinga e o crescimento do tambaqui, sendo assim, superior em crescimento e produtividade (HASHIMOTO et al., 2012). Suas características corporais são a cor clara, com a ponta das nadadeiras caudal e anal avermelhadas herdada da pirapitinga.

Os híbridos são mais precoces e rústicos que as espécies parentais, apresentam também uma melhor adaptação ao cultivo sendo uma característica importante e desejável na piscicultura (SILVA et al., 2000), bem como o rápido crescimento e ganho de peso, maior resistência ao estresse e a doenças parasitárias (DAIRIKI et al., 2010).

3 | AMINOÁCIDOS

Aminoácidos são moléculas orgânicas que possuem um átomo de carbono no qual se ligam um grupo carboxila, e um grupo amino, um átomo de hidrogênio e um grupo variável. São as unidades básicas das proteínas (WU, 2009; BERTECHINI, 2021).

Os aminoácidos são classificados nutricionalmentes em essenciais e não essenciais. Os aminoácidos essenciais (lisina, metionina, treonina, triptofano, valina, histidina, isoleucina, leucina, arginina e fenilalanina) são aqueles que não são sintetizados, ou apresentam uma síntese abaixo da exigência do animal, e devem ser obrigatoriamente fornecidos através da dieta. Os não essenciais (cisteína, tirosina, alanina, ácido aspártico, glutamina, ácido glutâmico, glicina, prolina e serina) são aqueles que podem ser sintetizados de forma endógena, através da proteína da dieta (WILSON, 2002; WU, 2009).

Entre os aminoácidos essenciais a lisina, metionina, treonina e triptofano são os aminoácidos mais estudados em nutrição de peixes (ABIMORAD et al., 2010; BOMFIM et al., 2020; COSTA et al., 2021; MARCHÃO et al., 2022).

A lisina é o aminoácido essencial encontrado em maior concentração na carcaça de peixes, apresenta participação direta na síntese proteica, é usada como referência no conceito de proteína ideal, além de ser primeiro limitante em rações proteicas para peixes, principalmente quando se utiliza fontes proteicas de origem vegetal (BOMFIM et al., 2010; FURUYA et al., 2010).

A metionina participa de funções fisiológicas como crescimento e funções

metabólicas fornecendo grupo metil via S-adenosil metionina (SAM) para síntese de colina. Em excesso, esse aminoácido pode aumentar as taxas de aminoácidos no sangue e limitar o crescimento animal (PIEDRAS et al., 2004), além de fornecer enxofre para muitos componentes celulares, a metionina pode ser convertida em cistina (ALAM et al., 2000).

A treonina é um dos aminoácidos limitantes em fontes de origem vegetal, e é um importante aminoácido envolvido em vários processos de manutenção, atuando diretamente no sistema imune, no processos de reparo da mucosa intestinal e do muco que recobre o corpo dos peixes (BOMFIM et al., 2008; NRC, 2011).

O triptofano é precursor da serotonina (neuritransmissor 5- hidroxitriptamina: 5-HT) da niacina (vitamina B3), estimula também a secreção de insulina e do hormônio do crescimento, além de estar envolvido em outras vias metabólicas importantes para o metabolismo do animal. Além disso, possui o potencial mediador do comportamento animal e redutor do canibalismo e da agressividade na fase da larvicultura (KRÓL; ZAKĘŚ, 2016). A deficiência desse aminoácido pode ocasionar escoliose, lordose, cataratas (COLOSO et al., 2004).

4 | MÉTODOS PARA DETERMINAR EXIGÊNCIAS DE AMINOÁCIDOS

As dietas formuladas com excesso de proteína para atender à exigência de aminoácidos não são economicamente viáveis, pois a proteína é nutriente mais oneroso das dietas (NRC, 2011; WILSON, 2002). Além disso, o excesso de proteína na dieta, proporciona maior excreção de compostos nitrogenados ao ambiente aquático (RIGHETTI et al., 2011). Nesse contexto, muitos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de determinar o requerimento de aminoácidos na dieta dos animais (BOMFIM et al., 2010; SILVA et al., 2018; MARCHÃO et al., 2020).

Uma das metodologias mais aplicadas para a determinação de exigências em aminoácidos para peixes é o dose-resposta (NRC, 2011; WILSON, 2002), que consiste em suplementar de forma crescente as doses do aminoácido testado na dieta oferecida ao animal, atendendo sua exigência em relação aos demais aminoácidos, nutrientes (Ex.: minerais e vitaminas) e energia, permitindo que somente o aminoácido teste se torne limitante (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007).

Todavia, apesar do método dose-resposta ser referência na determinação das exigências aminoacídicas, devido ao baixo custo e fácil implementação, garantindo resultados precisos (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007), essa metodologia ainda é alvo de críticas, pois os demais aminoácidos fixados, podem ser subestimados em relação ao que está sendo testado, provocando limitação no desempenho. Dessa forma o animal pode responder as variáveis analisadas em decorrência ao aminoácido fixado, e não em função do aminoácido teste, interferindo nas respostas metabólicas e nas conclusões (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007; BOMFIM, 2013).

A determinação de exigência de aminoácidos em monogástricos (peixes, aves e suínos), também pode ser realizada através do método fatorial, que baseia-se no princípio de que a exigência do animal subdivide-se em exigências para manutenção e crescimento/produção (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007). As exigências são estimadas pelo somatório dos nutrientes utilizados para cada função, ou seja, acréscimo e manutenção/produção (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007), considerando a eficiência metabólica de cada nutriente (VAN MILGEN; NOBLET, 2003).

Esse método permite flexibilizar as exigências, podendo calcular o nível nutricional adequado para o animal de acordo com o desempenho esperado, evitando excessos ou deficiências sem que diminua sua produtividade (ROSTAGNO et al., 2005). Para tanto, é preciso obter os coeficientes que informam as exigências de manutenção e eficiências de utilização dos aminoácidos na dieta, e para tal, é necessário realizar um ensaio utilizando o método dose-resposta (LUPATSCH; KISSIL; SKLAN, 2001).

Outro método utilizado na determinação de aminoácidos é chamado de deleção, que consiste em remover um aminoácido não limitante da dieta, a fim de verificar se possui ou não efeito na retenção de nitrogênio. Havendo efeito, calcula-se o perfil de aminoácidos necessários na dieta para o animal (WANG; FULLER, 1989). Seu uso tem sido pertinente em trabalhos com aves (GRUBER et al., 2000; DORIGAM et al., 2015) e peixe (ROLLIN, et al. 2003).

Em prática, formula-se uma dieta balanceada que atenda todas as relações aminoacídicas do animal, suplementando-a com aminoácidos sintéticos. Logo após, ocorre a redução parcial dos polipeptídeos presentes na ração controle, através da inserção de trigo ou amido de milho, finalizando com o incremento de mais aminoácidos industriais, com exceção do aminoácido testado. Ao passo em que ocorre a redução de aminoácidos na dieta controle, ocorrem respostas expressas pelo animal. Desse modo, a retenção de nitrogênio da dieta controle em contraste a dieta balanceada, deve ser estatisticamente diferente, fazendo menção ao aminoácido limitante em teste (DORIGAM et al., 2015).

5 | EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS PARA PEIXES REDONDOS

Os dados de exigência nutricional do presente estudo são obtidos de artigos publicados utilizando ensaios dos-resposta. Entre os aminoácidos essenciais a lisina é o mais estudado, e apresenta o maior número de trabalhos com espécies de peixes redondos (Tabela 1), devido ao uso quase que exclusivo na síntese de proteína corporal, além de ser o aminoácido encontrado em maior proporção no corpo peixes (FURUYA et al., 2010; MARCHÃO et al., 2020).

Apesar do grande número de trabalhos para obtenção da exigência lisina para peixes de água e salgada, ainda são escassas informações para diversas espécies (MONTES-GIRAO; FRACALLOSSI, 2006; NRC, 2011), como é o caso do pirapitinga e tambacu.

Espécie	Peso médio (g)	Exigência(%)	Critério de resposta
Tambaqui	0,34 – 5,69	1,78 ^a	GP eDPC
	22,99 – 42,99	1,58 ^b	DPC
	1,67 – 40,23	1,61 ^{*c}	GP e CA
	33,54 – 114,23	1,54 – 1,56 ^{*d}	GP e EPG
Pacu	4,3 – 34,4	1,40 – 1,50 ^{*e}	GP
	8,66 – 62,1	1,64 ^f	GP
Tambatinga	0,82 – 14,98	1,93 ^g	GP e DPC

*Lisina total; GP= Ganho de peso; DPC= Deposição de proteína corporal; EPG= Eficiência de proteína para ganho de peso; ^aSilva et al. (2018); ^bMarchão et al. (2020); ^cTeixeira et al. (2020); ^dDa Silva Liebl et al. (2022); ^eBicudo; Sado; Cyrino (2009); ^fAbimorad et al. (2010); ^gDa Costa Sousa et al. (2021).

Tabela 1 - Exigência de lisina digestível para peixes redondos

A exigência de lisina pode ser encontrada na literatura como total ou digestível (Tabela 1), sendo os valores digestíveis mais precisos em comparação ao total, pois leva em consideração a fração de lisina perdidas nas fezes (ABIMORAD et al., 2010).

Entre os peixes redondos o tambaqui é o que apresenta o maior número de trabalhos, devido ser a espécie nativa mais explorada comercialmente no Brasil. A exigência de lisina para esta espécie varia de 1,54 – 1,78%.

Já a exigência para o pacu é de 1,40 – 1,64%. Para o tambatinga a exigência de lisina é de 1,93%. Todavia, os valores de exigência de lisina, estão disponíveis apenas para as primeiras fases de cultivo (alevinos e juvenis), e estas espécies são comercializadas com peso de aproximadamente 1 Kg. Desta forma ressaltamos a necessidade de outros trabalhos para determinar a exigência de lisina para peixes redondos ao longo do cultivo.

A exigência de treonina está disponível apenas para o tambaqui e tambatinga (Tabela 2), variando de 1,04 – 1,35% e 1,00 – 1,40%, respectivamente.

Espécies	Peso médio (g)	Exigência(%)	Critério de resposta
Tambaqui	2,16 – 16,72	1,32 – 1,35 ^a	ERN e GP
	120,44 – 382,03	1,04 – 1,08 ^b	GP e DPC
Tambatinga	5,31 – 36,71	1,00 ^{*c}	GP
	2,39 – 35,96	1,20 – 1,40 ^d	DPC e GP

*Treonina total; GP= Ganho de peso; DPC= Deposição de proteína corporal; ERN= Eficiência de retenção de nitrogênio; ^aFirmo et al. (2018); ^bMarchão et al. (2022); ^cAlencar Araripe et al. (2011); ^dBomfim et al. (2021).

Tabela 2 - Exigência de treonina digestível para peixes redondos

A treonina é o aminoácido essencial encontrado em altas concentrações nas moléculas de imunoglobulina e na mucina, este último é utilizado na formação do muco que reveste a pele dos peixes (FIRMO et al., 2018; MARCHÃO et al., 2022). Desta forma, se

faz necessário o fornecimento de dietas que atendam a exigência de treonina para peixes, principalmente quando cultivados em alta densidade.

Existe poucos estudos para determinação das exigências de metionina, valina e triptofano para as espécies de peixes redondos, e estas informações estão disponíveis apenas para o tambaqui, com exceção do metionina (Tabela 3). Ressaltamos que a exigência de metionina e expressa juntamente com a cistina, devido parte da metionina ser convertida em cistina (SOUZA et al., 2019; COSTA et al., 2021).

Espécie	Metionina mais cistina		
	Peso médio (g)	Exigência(%)	Critério de resposta
Tambaqui	0,28 – 9,34	1,15 ^a	CA e TCE
Tambatinga	1,49 – 24,77	1,05 ^b	DPC
		Valina	
Tambaqui	33 – 83	1,19 ^c	DPC
	121 – 277	0,91 ^c	DPC
		Triptofano	
Tambaqui	2,12 – 32,76	0,32 ^d	GP e DPC

GP= Ganho de peso; DPC= Deposição de proteína corporal; TCA= Taxa de crescimento específico ; CA= Conversão alimentar; ^aSouza et al. (2019); ^bCosta et al. (2021); ^cSilva et al. (2022); ^dBomfim et al. (2020).

Tabela 3 - Exigência de metionina, valina e triptofano digestível para peixes redondos

Diante destas informações, é possível concluir que existe uma grande lacuna sobre as exigências nutricionais de metionina, valina e triptofano para as espécies de peixe redondos, bem como para o tambaqui em outras fases de cultivo.

Não foram encontradas informações sobre as exigências nutricionais dos demais aminoácidos essenciais como a arginina, fenilalanina, leucina, isoleucina e histidina, para as espécies de peixes redondos. Desta forma, podemos concluir que as exigências de aminoácidos essenciais, utilizadas para formular dietas para espécies de peixes redondos são provenientes de outras espécies de peixes.

6 | FATORES QUE INFLUENCIAM NA EXIGÊNCIA DE AMINOÁCIDOS

A exigência de aminoácidos varia em decorrência de muitos fatores, tal como espécie (as espécies podem apresentar requerimentos distintos), hábito alimentar (carnívoros, onívoros e herbívoros), fase de crescimento (normalmente a exigência é maior para larvas e alevinos), estado fisiológico (doentes ou saudáveis), parâmetros físico-químicos da água (Ex.: pH, oxigênio dissolvido, temperatura e teor de amônia), condições ambientais, variável para determinação (Ex.: ganho de peso, conversão alimentar e deposição de proteína) e modelo estatístico usado (quadrático ou broken-line) (WU, 2009; WILSON, 2002; NRC,

2011). Além disso, o requerimento de aminoácidos também pode ser influenciado por variabilidade genética, proteína bruta dietética e presença de aminoácidos cristalinos na dieta (NRC, 2011).

Além dos diversos fatores já mencionados, o teor de energia da dieta, é citado como um dos principais fatores que afetam a exigência de aminoácidos. Dietas com pouca energia (abaixo da exigência) proporcionarão catabolismo da proteína (aminoácidos) ingerida, visando suprir a demanda energética. Por outro lado, dietas com altos níveis de energia, podem limitar o consumo e sub-estimar a exigência (PORTZ; FURUYA, 2012; SANTOS et al., 2022). Além disso, devemos levar em consideração as metodologias empregadas na formulação das dietas e a utilização de dietas purificadas ou práticas (WILSON, 2002; BICUDO, SADO; CYRINO, 2009; MARCHÃO et al., 2020; DA COSTA SOUSA et al., 2021).

7 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na literatura, não há recomendação para todos os aminoácidos essenciais para as espécies de peixes redondos, por meio de ensaios dose-resposta.

Os estudos estão mais direcionados para a determinação das exigências de aminoácidos para o tambaqui e apenas nas fases iniciais de cultivo e dentre todos os aminoácidos essenciais, a lisina é o aminoácido que apresenta o maior número de trabalhos. Na literatura são escassos estudos utilizando o método dose-resposta para determinação de aminoácidos para tambacu e pirapitinga.

Nesse contexto, é imprescindível a necessidade de realização de estudos para determinar as exigências dos aminoácidos essenciais, para as espécies de peixes redondos nas diferentes fases de cultivo.

REFERÊNCIAS

- ABIMORAD, E. G.; CARNEIRO, D. J. Métodos de Coleta de Fezes e Determinação dos Coeficientes de Digestibilidade da Fração Proteica e da Energia de Alimentos para o Pacu, *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 5, p. 1101- 1109, 2004.
- 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, n. 4, p. 370-377, 2010.
- ALAM, M. D. S.; TESHIMA, S.; ISHIKAWA, M.; KOSHIO, S. Methionine requirement of juvenile-japanese flounder *Paralichthys olivaceus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 31, n. 4, p. 618-626, 2000.
- ALENCAR-ARARIPE, M. N. B.; ARARIPE, H. G. D. A.; LOPES, J. B.; BRAGA, T. E. A.; ANDRADE, L. S.; MONTEIRO, C. A. B. Relação treonina: lisina para alevinos de tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachipomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**. v. 37, n. 4, p. 393-400, 2011.

ARAUJO-LIMA, C. A. R. M.; GOMES, L. C. Tambaqui (*Colossoma macropomum*). In: Baldisserotto, B.; Gomes, L. C. (eds). **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria, UFSM, 2005. 468 p.

BARÇANTE, B.; SOUSA, A. B. Características zootécnicas e potenciais do tambaqui (*Colossoma macropomum*) para a piscicultura brasileira. **PubVet**, v. 9, n. 7, p. 287-290, 2015.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2021. 375 p.

BICUDO, Á. J.; SADO, R. Y.; CYRINO, J. E. Dietary lysine requirement of juvenile pacu *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887). **Aquaculture**, v. 297, n. 1-4, p. 151-156, 2009.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZELE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; ARAÚJO, W. A. G. Exigência de treonina, com base no conceito de proteína ideal de alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 12, p. 2077-2084, 2008.

BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; DONZEELE, J. L.; QUADROS, M.; RIBEIRO, F. B.; SOUSA, M. P. D. Níveis de lisina, com base no conceito de proteína ideal, em rações para alevinos de tilápia-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 1, p. 1- 8, 2010.

BOMFIM, M. A. D. Estratégias nutricionais para redução das excreções de nitrogênio e fósforo nos sistemas de produção de peixes no Nordeste: sustentabilidade ambiental e aumento da produtividade. **Revista científica de produção animal**, v. 15, n. 2, p. 122-140, 2013.

BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C.; SILVA, L. R.; TAKISHITA, S. S. Digestible tryptophan requirement for tambaqui (*Colossoma macropomum*) fingerlings. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 51, n. 2, 2020.

BOMFIM, M. A. D.; MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C.; COSTA, D. C.; LIMA, M. S. Digestible threonine requirement in diets for tambatinga (♀ *Colossoma macropomum* x ♂ *Piaractus brachypomus*) fingerlings. **Animal Science and Veterinary**, v. 45, 2021.

COLOSO, R. M.; MURILLO-GUERREA, D. P.; BORLONGAN, I. G.; CATACUTAN, M.R. Tryptophan requirement of Asian juvenile sea bass *Lates calcarifer*. **British Journal of Nutrition**, n. 51, p. 279-287, 2004.

COSTA, D. D. C. D.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D.; PORTO, N. G.; MARCHÃO, R. S. Methionine plus cystine to lysine ratio in diets for tambatinga fingerlings. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, 2021.

DA COSTA SOUSA, M.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; DE SIQUEIRA, J. C.; MARCHÃO, R. S.; DE SOUSA, T. J. R.; TAKISHITA, S. S. Lysine requirements of tambatinga (♀ *Colossoma macropomum* x ♂ *Piaractus brachypomus*) fingerlings using different diet formulation techniques. **Aquaculture Nutrition**, v. 27, n. 6, p. 1825-1836, 2021.

DAIRIKI, J. K.; BALDESSIN JUNIOR, I.; PENA, S. V.; CYRINO, J. E. P. **Manual técnico de extensão (2) Pacu e tambacu**. Setor de piscicultura-LZT-ESALQ- USP, 2010.

DAIRIKI, J.; SILVA, T. B. A. Revisão de literatura: exigências nutricionais do tambaqui – compilação de trabalhos, formulação de ração adequada e desafios futuros. **Embrapa Amazônia Ocidental- Documentos**, 2011. 44p.

DA SILVA LIEBL, A. R.; CÃO, M. A.; DOS SANTOS NASCIMENTO, M.; CASTRO, P. D. D. S.; DUNCAN, W. L. P.; PANTOJA-LIMA, J.; ARIDE, P. H. R.; BUSSONS, M. R. F. M.; FURUYA, W. M.; FAGGIO, C.; DE OLIVEIRA, A. T. Dietary lysine requirements of *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) based on growth performance, hepatic and intestinal morphohistology and hematology. **Veterinary Research Communications**, p. 1-17, 2022.

DORIGAM, J. C. P.; SAKOMURA, N. K.; SÜNDER, A.; WECKE, C. A comparison of two approaches for determining the optimum dietary amino acid ratios of fast-growing broilers. In: **Nutritional modelling for pig and poultry**. CAB International Wallingford, 2015. 283-296p.

FERNANDES, J. B. K.; CARNEIRO, D. J.; SAKOMURA, N. K. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para alevinos de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 646-653, 2000.

FERNANDES, E. M.; DE ALMEIDA, L. C. F.; HASHIMOTO, D. T.; LATTANZI, G. R.; GERVAZ, W. R.; LEONARDO, A. F.; NETO, R. V. R. Survival of purebred and hybrid Serrasalminidae under low water temperature conditions. **Aquaculture**, v. 497, p. 97-102, 2018.

FIRMO, D. S.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C.; LANNA, E. A. T.; TAKISHITA, S. S.; SOUZA, T. J. R.; PORTO, N. G. Threonine to lysine ratio in diets of tambaqui juveniles (*Colossoma macropomum*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2169- 2180, 2018.

FRANCO, M. L. R. S.; FRANCO, N. P.; GASPARINO, E.; DOURADO, D. M.; PRADO, M.; VESCO, A. P. D. Comparação das peles de tilápia do nilo, pacu e tambaqui: histologia, composição e resistência. **Archivos. Zootecnia**. v. 62, n. 237, p. 21-32, 2013.

FURUYA, W. M.; PEZZATO, L. E.; PEZZATO, A. C.; BARROS, M. M.; MIRANDA, E. C. D. Coeficientes de digestibilidade e valores de aminoácidos digestíveis de alguns ingredientes para tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, p. 1143-1149, 2001.

FURUYA, W. M.; SANTOS, V. G. D.; SILVA, L. C. R.; FURUYA, V. R. B.; SAKAGUTI, E. S. Exigências de lisina digestível para juvenis de tilápia-do-Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 937-942, 2006.

FURUYA, W. M.; FURUYA, V. R. B. Nutritional innovations on amino acids supplementation in Nile tilapia diets. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 39, p. 88-94, 2010.

GRUBER, K.; ROTH, F. X.; KIRCHGESSNER, M. Effect of partial dietary amino acid deductions on growth rate and nitrogen balance in growing chicks. **Arch. Geflügelk**, v. 64, p. 244–250, 2000.

HASHIMOTO, D. T.; SENHORINI, J. A.; FORESTI, F.; PORTO-FORESTI, F. Interspecific fish hybrids in Brazil: management of genetic resources for sustainable use. **Reviews in Aqua- culture**, v. 4, p. 108–118, 2012.

KRÓL, J.; ZAKĘŚ, Z. Efeito do L-triptofano dietético sobre o canibalismo, sobrevivência e crescimento em pós-larvas de *Sander lucioperca* (L.). **Aquaculture International**, v. 24, n. 2, p. 441-451, 2016.

KUBITZA, F. Coletânea de informações aplicadas ao cultivo do tambaqui, do pacu, e de outros peixes redondos. **Panorama da Aquicultura**, v. 14, n. 82, p. 27-39, 2004.

LOOSE, C. E.; DA SILVA SATO, S. A.; ALEIXO, N. D.; ALEIXO, A. D.; FREITAS, C. O.; SOUZA, D. F. D. S. Custos na criação de tambaqui (*Colossoma Macropomum* Couvier, 1818) nas propriedades participantes do Programa Peixe Forte em Cacaoal (RO). In: **Anais do Congresso Brasileiro de Custos-ABC**, 2014.

LUPATSCH, I.; KISSIL, G. W.; SKLAN, D. Optimization of feeding regimes for European sea bass *Dicentrarchus labrax*: A factorial approach. **Aquaculture**, v. 202, p. 289-302, 2001.

MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D.; BOMFIM, M. A. D.; SILVA, J. C.; SOUSA, T. J. R. D.; NASCIMENTO, D. C. N. D.; SOUSA, M. D. C. Digestible lysine requirement for tambaqui (*Colossoma macropomum*) juveniles using the diet dilution technique. **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100482, 2020.

MARCHÃO, R. S.; RIBEIRO, F. B.; BOMFIM, M. A.; PEREIRA, G. A.; ROCHA, A. D. S.; VIDAL, L. V.; COPATTI, C. E.; MELO, J. F. Digestible threonine requirement in tambaqui (*Colossoma macropomum*) diets: Growth, body deposition, haematology and metabolic variables. **Aquaculture Research**, v. 53, n. 16, p. 5697-5709, 2022.

MENDONÇA, P. P.; FERREIRA, R. A.; JUNIOR, V.; ANDRADE, D. R.; SANTOS, M. V. B.; FERREIRA, A. V. REZENDE, F. P. Influência do fotoperíodo no desenvolvimento de juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Archivos de zootecnia**, v. 58, n. 223, 323-331, 2009.

MONTES-GIRAO, P. J.; FRACALLOSSI, D. M. Dietary Lysine Requirement as Basis to Estimate the Essential Dietary Amino Acid Profile for Jundia *Rhamdia quelen*. **Journal Of The World Aquaculture Society**, v. 37, n. 4, p. 388-396, 2006.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of fish and shrimp**. The National Academies Press, 2011. 376p.

PIEDRAS, S. R. N.; POUHEY, J. L. O. F.; RUTZ, F. Efeito da Suplementação de Metionina e/ou Lisina no Crescimento e na Sobrevivência de Alevinos de Peixe-rei (*Odontesthes bonariensis*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1366-1371, 2004.

PORTZ, L.; FURUYA, W. M. Energia, Proteína e Aminoácidos. **NUTRIAQUA: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012.

RIGHETTI, J. S.; FURUYA, W.M.; CONEJERO, C. I.; GRACIANO, T. S.; VIDAL, L. V. O.; MICHELLATO, M. Redução da proteína em dietas para tilápias-do-nylo por meio da suplementação de aminoácidos com base no conceito de proteína ideal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 469-476, 2011.

RODRIGUES, A. P. O. Nutrição e alimentação do tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 40, n. 1, p. 135-145, 2014.

ROLLIN, X.; MAMBRINI, M.; ABOUDI, T.; LARONDELLE, Y.; KAUSHIK, S. J. The optimum dietary indispensable amino acid pattern for growing Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fry. **British Journal of Nutrition**, v. 90, n. 5, p. 865-876, 2003.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T.; EUCLIDES, R. F. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2.ed. Viçosa, 2005. 186p.

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

SANTOS, F. A. C. D.; COSTA, L. S.; GUILHERME, H. D. O.; GAMARANO, P. G.; LÓPEZ-OLMEDA, J. F.; PRADO, V. G. L.; FREITAS, D. A.; SILVA, L. F. S.; LUZ, R. K.; RIBEIRO, P. A. P. Growth and blood chemistry of juvenile Neotropical catfish (*Lophiosilurus alexandri*) self-feeding on diets that differ in protein-to-energy (P:E) ratio. **Aquaculture International**, p. 1-19, 2022.

SILVA, P. C.; PÁDUA, D. M. C.; FRANÇA, A. F. D.; PÁDUA, J. T.; SOUZA, V. L. Milheto (*Pennisetum mamericanum*) como substituto do milho (*Zeamays*) em rações para alevinos de tambacu (híbrido *Colossoma macropomum* fêmea X *Piaractus mesopotamicus* macho). **Ars. Veterinária**, v. 16, n. 2, p.146-153, 2000.

SILVA, J. C.; BOMFIM, M. A. D.; LANNA, E. A. T.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D. SOUSA, T. J. R. D.; MARCHÃO, R. S.; NASCIMENTO, D. C. N. D. Lysine requirement for tambaqui juveniles. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 5, p. 2157-2168, 2018.

SILVA, J. V. D.; RIBEIRO, F. B.; SIQUEIRA, J. C. D.; BOMFIM, M. A. D.; NASCIMENTO, D. C. N. D.; MARCHÃO, R. S. Dietary valine requirement of tambaqui (*Colossoma macropomum*) with different body weights. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 46, 2022.

SOUZA, A. F. L. D.; INHAMUNS, A. J. ANÁLISE DE RENDIMENTO CÂRNEO DAS PRINCIPAIS ESPÉCIES DE PEIXES COMERCIALIZADAS NO ESTADO DO AMAZONAS, BRASIL. **ACTA AMAZÔNICA**, v. 41, p. 289-296, 2011.

SOUZA, F. O.; BOMFIM, M. A. D.; RIBEIRO, F. B.; LANNA, E. A. T.; SOUSA, T. J. R.; COSTA, D. C. Methionine plus cystine to lysine ratio in diets for tambaqui juveniles. **Revista Caatinga**, v. 32, n. 1, p. 243-250, 2019.

SUPLICY, F.M. Freshwater fish seed resources in Brazil. In: Bondad-Reantaso, MG. (Ed.), **Assessment of Freshwater Fish Seed Resources for Sustainable Aquaculture**. FAO Fisheries Technical Paper, n. 501, 2007. 129–143p.

TAVARES-DIAS, M.; MORAES, F. R. Biochemical parameters for *Piaractus mesopotamicus*, *Colossoma macropomum* (Characidae) and hybrid tambacu (*P. mesopotamicus* X *C. macropomum*). **Ciência Animal Brasileira**, v. 11, n. 2, p. 363-368, 2010.

TEIXEIRA, S. O.; NUNES, Z. M. P.; JUNIOR, A. D. S. P.; SALARO, A. L.; DE MOURA, L. B.; VERAS, G. C.; CAMPELO, D. A. V. A lisina dietética otimizada melhora o desempenho zootécnico, aumenta a deposição de proteínas e reduz o acúmulo de lipídios em juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Aquaculture Research**, v. 51, n. 12, p. 5065-5073, 2020.

VAN MILGEN, J.; J. NOBLET. Partitioning of energy intake to heat, protein, and fat in grow- ing pigs. **Journal Animal Science**, v. 81, p. 86–93, 2003.

VÁSQUEZ-TORREZ, W. A. Pirapitinga: reprodução e cultivo. In: BALDISSEROTO, B.; GOMES, L.C. **Espécies nativas para piscicultura no Brasil**. Santa Maria: UFMS, 2005. 203 – 22p.

VAZ, M. M.; BARBOSA, N. D. C.; TORQUATO, V. C. **Guia Ilustrado de peixes da bacia do Rio Grande**. Ed. Cemig/Cetec, 2000. 144 p.

WANG, T. C.; FULLER, M. F. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. I. Experiments by amino acid deletion. **British Journal Nutrition**, v. 62, p. 77–89, 1989.

WILSON, R. P. Amino acid requirements of finfish and crustaceans. In: **Amino Acids in Animal Nutrition**, 2 ed, 2002. 427-447p.

WU, G. Amino acids: Metabolism, functions, and nutrition. **Amino Acids**, v. 37, n. 1, p. 1-17, 2009.

YOSHIOKA, E. T. O. **Cuidados essenciais no manejo alimentar de peixes redondos cultivados no Estado do Amapá**. Embrapa, v.1, p. 1-6. 2004.