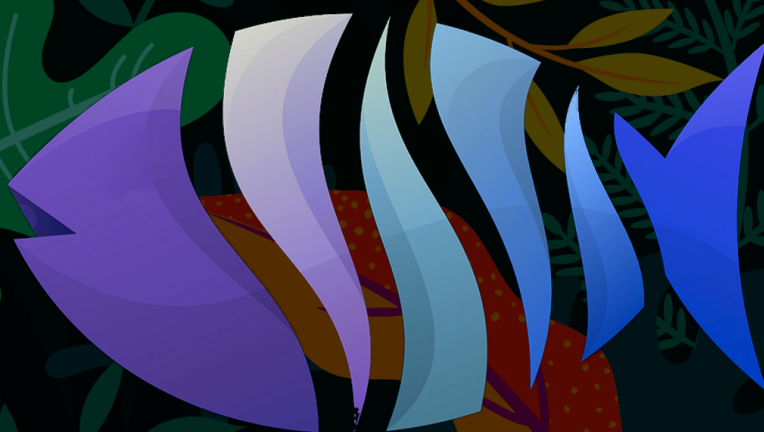




Émerson José Alves Matos
Elisabeth Criscuolo Urbinati
Fábio Meurer

Farinha de folhas na nutrição de peixes



Leaf meal in fish nutrition

 **Atena**
Editora
Ano 2023



Émerson José Alves Matos
Elisabeth Criscuolo Urbinati
Fábio Meurer

Farinha de folhas na nutrição de peixes

Leaf meal in
fish nutrition

 **Atena**
Editora
Ano 2023

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Ellen Andressa Kubisty

Luiza Alves Batista

Nataly Evilin Gayde

Thamires Camili Gayde

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2023 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2023 Os autores

Copyright da edição © 2023 Atena

Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo do texto e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Profª Drª Amanda Vasconcelos Guimarães – Universidade Federal de Lavras

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados
Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia
Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa
Prof. Dr. Edevaldo de Castro Monteiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Guilherme Renato Gomes – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Renato Jaqueto Goes – Universidade Federal de Goiás
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

FARINHA DE FOLHAS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES

Leaf meal in fish nutrition

Diagramação: Ellen Andressa Kubisty
Correção: Jeniffer dos Santos
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Autores: Êmerson José Alves Matos
 Elisabeth Criscuolo Urbinati
 Fábio Meurer

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)	
M433	Matos, Êmerson José Alves FARINHA DE FOLHAS NA NUTRIÇÃO DE PEIXES = Leaf meal in fish nutrition / Êmerson José Alves Matos, Elisabeth Criscuolo Urbinati, Fábio Meurer. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023. Título original: Farinha de folhas na nutrição de peixes Edição bilíngue: português/inglês Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader Modo de acesso: World Wide Web Inclui bibliografia ISBN 978-65-258-2160-3 DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.603231212 1. Aquicultura. 2. Piscicultura. 3. Rações artesanais. I. Matos, Êmerson José Alves. II. Urbinati, Elisabeth Criscuolo. III. Meurer, Fábio. IV. Título. CDD 639.3
Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166	

Atena Editora
 Ponta Grossa – Paraná – Brasil
 Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

Este trabalho foi apoiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por meio de Bolsa Institucional (nº 140658/2021-1). Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.



APRESENTAÇÃO	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE FARINHAS DE FOLHAS DE PLANTAS.....	4
3. PRODUTIVIDADE E FABRICAÇÃO DE FARINHA DE FOLHAS DE PLANTAS	14
4. FARINHA DE FOLHAS DE PLANTAS NA ALIMENTAÇÃO DOS PEIXES.....	16
4.1 Amoreira (<i>Morus alba</i>)	16
4.2 Batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i>)	19
4.3 Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	20
4.4 Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	21
4.5 Mandioca (<i>Manihot esculenta</i>)	23
4.6 Abóbora (<i>Telfairia occidentalis</i>)	24
4.7 Feijão guandu (<i>Cajanus cajan</i>).....	24
4.8 Talimkhana (<i>Hygrophila spinosa</i>)	25
4.9 Capim kikuyu (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	25
4.10 Aguapé (<i>Eichhornia crassipes Martius</i>)	26
4.11 Outras farinhas de folhas.....	27
CONCLUSÕES.....	28
REFERÊNCIAS	29
SOBRE OS AUTORES	40

APRESENTAÇÃO

O alto custo de ingredientes convencionais nas rações dos peixes tem incentivado a busca por alternativas viáveis, estudos apontam que as farinhas de folhas estão entre as fontes mais baratas de proteína vegetal e podem ser usadas para mitigar esse problema. Embora elas sejam ricas nutricionalmente, são constituídas de diferentes nutrientes e antinutrientes, que favorecem e limitam o seu uso, respectivamente. Assim, os efeitos positivos e negativos desses novos ingredientes ou aditivos alimentares sobre a saúde, o desempenho e aspectos ambientais devem ser cuidadosamente levados em consideração na avaliação precisa de uma estratégia nutricional. Portanto, este trabalho busca reunir em um só documento os dados a respeito de diferentes farinhas de folhas que atualmente são ou potencialmente podem ser incorporados aos alimentos aquáticos, bem como, dos seus valores bromatológicos, digestíveis e níveis de inclusão. Além disso, trouxemos alguns desses valores provenientes de farinhas de folhas fermentadas, visto que essa é uma das técnicas mais empregadas para diminuir o efeito de alguns antinutrientes. As farinhas de folhas apresentam potencial para uso na alimentação de peixes, podendo substituir parcialmente ingredientes tradicionais ao fornecer nutrientes e energia. No entanto, o desenvolvimento de técnicas mais eficientes de inativação dos antinutrientes poderia torná-las mais eficientes em seu papel, por isso, pesquisas que maximizem a utilização de farinhas de folhas em dietas aquáticas são incentivadas.

PALAVRAS-CHAVE: alimento alternativo, aquicultura, nutrientes vegetais, piscicultura, rações artesanais, subproduto.

INTRODUÇÃO

A demanda global por pescados foi potencializada pelo aumento exponencial populacional, bem como pelas mudanças nas preferências alimentares das pessoas (NASEEM et al., 2020). No entanto, à medida que o consumo de peixes aumenta, uma grande pressão é imposta à oferta do produto ao mercado, que consequentemente impacta na disponibilidade dos insumos envolvidos nos cultivos.

Um dos problemas que a indústria da aquicultura enfrenta hoje é o alto custo da alimentação dos peixes (ADEWOLU, 2008), pois, convencionalmente, as dietas se baseiam em proteína animal, por essas apresentarem inúmeras qualidades como: alta digestibilidade, presença de aminoácidos essenciais, minerais e ácidos graxos (OLSEN; HASAN, 2012), razão pela qual, as despesas com alimentação podem representar 70% dos custos operacionais (ALI; KAVIRAJ, 2021).

Em substituição à farinha e o óleo de peixe, principais ingredientes de origem animal, os nutricionistas passaram a utilizar os subprodutos da soja e de outras leguminosas nas formulações das dietas (GATLIN III et al., 2007). Ao longo dos anos, com o desenvolvimento de técnicas de processamento avançadas, os valores nutritivos dessas fontes foram aprimorados a tal ponto que, hoje, são considerados ingredientes vegetais convencionais na aquicultura (ADENIJI; FAKOYA; OMAMOHWO, 2007). Ou seja, essas matérias-primas tornaram-se custosas, para as rações aquáticas, em função do seu crescente uso na alimentação humana e de outros animais (GATLIN III et al., 2007; HLOPHE; MOYO, 2014b).

Considerando a escassez dos ingredientes dietéticos convencionais, fontes de proteína e energia das rações, torna-se imprescindível a busca por substitutos viáveis inexplorados disponíveis (ANAND et al., 2020). As farinhas de folhas estão entre as fontes mais baratas de proteína vegetal e podem ser usadas para mitigar o problema do custo, se bem incorporada nas dietas dos peixes. (BABALOLA; FAKUNMOJU, 2020). Logo, este tema que teve início na década de oitenta com os trabalhos de Wee e Wang (1987) e Ng e Wee (1989) ganhou força e, hoje, o grande número de pesquisas que estuda o potencial de uso de diferentes plantas, reforça a sua relevância no cenário atual, como: *Moringa oleífera*, (AJITHKUMAR et al., 2021) *Delonix regia*, (ADESINA; AGBATAN, 2021) *Leucaena leucocephala*, (BABALOLA; FAKUNMOJU, 2020) *Telfairia occidentalis*, (IDOWU; DENHAM; ADEDEJI, 2019) *Ipomoea batatas*, (AHMAD et al., 2019) *Morus alba* (DIAS et al., 2022b) e *Echhornia crassipes* (AL-GBURI; AL-SHAWI, 2019).

Apesar das possibilidades de uso das farinhas de folhas na aquicultura comercial, é inegável a sua importância na aquicultura de subsistência. Muitas dessas farinhas de folhas são provenientes de plantas que podem ser cultivadas facilmente e, desta forma, podem ser fabricadas por pessoas em situação de fragilidade alimentar, auxiliando no aumento da produtividade aquícola, pela possibilidade de fabricação artesanal de rações, promovendo um maior acesso ao pescado, uma fonte de proteína de qualidade para a sua subsistência.

Um dos fatores negativos da piscicultura é o impacto ambiental causado por esta atividade nos corpos d'água, seja no rio que recebe o efluente de tanques escavados, bem como nas represas e lagos que possuem tanques-rede. Este impacto é proveniente, dentre outros fatores, das fezes e resíduos metabólicos produzidos pelos peixes e pode ser diminuído pelo fornecimento de rações nutricionalmente adequadas, compostas por ingredientes de alta digestibilidade. Para o desenvolvimento de rações de baixo impacto ambiental são necessários estudos acerca dos ingredientes utilizados na sua formulação (FRACALOSSI, 2012).

A digestibilidade é um dos aspectos mais importantes na avaliação do valor biológico dos alimentos, fornecendo a estimativa da disponibilidade dos nutrientes de um determinado alimento (MCGOOGAN; REIGH, 1996). A sua determinação é o primeiro passo na avaliação do potencial de um ingrediente para o uso em rações para uma espécie aquícola (ALLAN et al., 2000). Outros tópicos são: o tamanho/idade do peixe (FREITAS, 2015), valor biológico da proteína e a disponibilidade de fontes de energia não proteicas (HEMRE; MOMMSEN; KROGDAHL, 2002).

Segundo Ayyat et al.(2021), os efeitos positivos e negativos desses novos ingredientes ou aditivos alimentares sobre a saúde, o desempenho e aspectos ambientais devem ser cuidadosamente levados em consideração na avaliação precisa de uma estratégia nutricional. Portanto, este documento discute a respeito de diferentes farinhas de folhas que atualmente são ou potencialmente podem ser incorporados aos alimentos aquáticos, bem como, dos seus valores bromatológicos, digestíveis e níveis de inclusão.

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE FARINHAS DE FOLHAS DE PLANTAS

A quantidade de farinha de folhas a ser produzida está proporcionalmente relacionada ao teor de matéria seca das folhas utilizadas, e inversamente, ao teor de umidade. Esses valores variam entre diferentes espécies, de acordo com o momento fisiológico da planta e pelos cuidados aplicados, no momento da colheita e no beneficiamento, respectivamente.

Com origem na Ásia, a amoreira (*Morus alba*) foi difundida em vários continentes, inicialmente, em função do seu uso na sericicultura, e, posteriormente, devido às propriedades nutricionais e farmacológicas de suas folhas. Em folhas frescas (Figura 1), os valores de composição centesimal varia de 4,72 a 9,96% para proteína bruta, de 860 kcal kg⁻¹ para energia e 71,13 a 76,68% para umidade (SRIVASTAVA et al., 2006). Devido a vários constituintes fitoquímicos, como compostos de flavonóides e polifenóis, as folhas de amoreira são também utilizadas para fins medicinais, com efeitos antibacterianos, anti-hipertensivos, anti-hipoglicêmicos e anti-ateroscleróticos (MAJUMDAR; MOMIN; KEHAR, 1967; YANG et al., 2014).



Figura 1: Folhas de amoreira.

Em relação às vitaminas ácido ascórbico e β -caroteno, Srivastava et al. (2006) encontraram variações de 160 a 280 mg 100 g⁻¹ e de 10.000,00 a 14.688,00 μ g 100 g⁻¹, respectivamente, em folhas frescas de amoreira. Quanto aos minerais, os autores observaram 4,70–10,36 mg 100 g⁻¹ para o ferro, 0,22–1,12 mg 100 g⁻¹ para o zinco e 380–786 mg 100 g⁻¹ para o cálcio. A composição bromatológica da farinha de folhas de amora pode ser vista na tabela 1.

Tabela 1. Composição bromatológica da farinha de folhas da amora (*Morus alba*). Valores percentuais (%) com base na matéria seca.

MS	PB	EB (Kcal kg ⁻¹)	Cinzas	EE	FDN	FB	Referências
75,73	24,45	3985	11,31	2,15	-	-	(DIAS et al., 2022a)
-	17,5	3683	15,92	6,37	-	7,87	(OLIVEIRA, 2017)
93,98	24,93	1710	17,24	2,09	36,66	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
92,9	30,91	1850	16,51	2,56	33,1	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
92,76	20,47	1850	16,2	2,86	33,86	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
93,92	18,37	1130	14,59	4,4	29,9	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
94,89	26,53	1840	16,63	2,41	33,2	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
94,33	15,31	2240	16,87	4,93	27,6	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)

Cultivada em mais de 100 nações, a batata-doce (*Ipomoea batatas*) está entre as cultivares alimentares mais importantes nas regiões tropicais e suas folhas (Figura 2) são comumente destinadas a nutrição de animais ruminantes, como fonte de proteína barata.² Em particular, elas contêm uma grande quantidade de proteína, cerca de 3,8% na matéria natural (ISHIDA et al., 2000) e entre 16-29,5%, na matéria seca (Tabela 2), com um alto índice de aminoácidos. A leucina, valina, arginina, fenilalanina e lisina estão entre os aminoácidos essenciais encontrados em maior quantidade, 17,2; 11,5; 11,1; 10,6 e 6,7 g kg⁻¹ da matéria seca, respectivamente (DA; LUNDH; LINDBERG, 2013).



Figura 2: Folhas de batata-doce.

O conteúdo de minerais, principalmente ferro e vitaminas como A, B2, C e E é elevado nas folhas em comparação com outros vegetais (AHMAD et al., 2019; ISHIDA et al., 2000).

Tabela 2. Composição bromatológica da farinha de folhas da batata-doce (*Ipomoea batatas*). Valores percentuais (%) com base na matéria seca.

MS	PB	EB (Kcal kg ⁻¹)	Cinzas	EE	FDN	FB	Referências
95,98	23,57	-	11,01	3,07	-	8,28	(ADEWOLU, 2008)
95,57	23,57	-	16,03	3,59	-	15,43	(AHMAD et al., 2019)
-	16,6	3487,15	17	2,4	39,7	-	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
82,21	24,85	3513	11,1	4,9	-	7,2	(ANTIA et al., 2006)
-	24,65	-	11,47	3,58	-	9,1	(OLUSOLA; OLAIFA, 2018)
91,49	21,47	3590	10,4	5,1	-	19,43	(JAYANT et al., 2020)
-	23,9	-	10,17	5,55	-	8,3	(MESHRAM et al., 2018)
-	29,5	-	14,57	2,56	-	-	(ISHIDA et al., 2000)
-	24,5	-	10,13	6,82	-	-	(ISHIDA et al., 2000)

Pertencente à família *Mimosaceae*, a leucena (*Leucaena leucocephala*) é uma espécie originária da América Central, México, e, hoje, encontra-se em regiões tropicais de todo o mundo (SILVA et al., 2007). Devido às suas raízes profundas, é bastante tolerante à seca, (PRATES et al., 2000) e, por isso, esse arbusto perene, é utilizado com frequência na alimentação animal, de ruminantes e aves, em regiões semi-áridas, onde a produção vegetal é limitada. Aliado a isso, suas folhas são conhecidas por conterem mais de 20% de proteína, com base na matéria seca, (BAIRAGI et al., 2004) o que faz delas uma fonte barata desse nutriente (Tabela 3).

Tabela 3. Composição bromatológica da farinha de folhas da Leucena (*Leucaena leucocephala*). Valores percentuais (%) com base na matéria seca.

MS	PB	EB (Kcal kg ⁻¹)	Cinzas	EE	FDN	FB	Referências
92,5	29,2	-	10,5	2,05	-	19,2	(BABALOLA; FAKUNMOJU, 2020)
90,3	21	-	6,1	3,5	-	12	(PEREIRA JUNIOR et al., 2013)
90,6	21,37	-	9,2	7,34	46,59	15,5	(EUSEBIO; COLOSO; MAMAUAG, 2004)
90,12	25,48	5348,24	6,62	3,86	25,23	9,66	(SOARES, 2016)
91,97	28,26	4856,89	8,43	3,21	-	-	(ARAÚJO et al., 2012)
91	32,6	4000	4	6,8	-	-	(PEZZATO et al., 2004)
92,65	20,35	3998,3	8,45	5,35	-	6,15	(BAIRAGI et al., 2004)
91	25,4	3410	9,9	8,2	-	14,9	(KASIGA et al., 2014)
87,59	29,4	-	6,1	2,3	-	11,5	(LAWAL et al., 2020)

As folhas de leucena contêm quantidades apreciáveis de aminoácidos essenciais e não essenciais comparáveis a algumas proteínas de origem animal e outras leguminosas comuns, com 12,38% de fenilalanina-tirosina, 9,72% de leucina, 6,05% de lisina e 6,02% de valina, com base na proteína (AGBO, 2020). Entre os minerais, Zapata-Campos et al. (2020) destacam os macrominerais cálcio (6,2), potássio (5,5) e magnésio (1,9 g kg⁻¹), bem como os microminerais zinco (58), manganês (44), ferro (12,7) e cobre (7,2 mg kg⁻¹) (Figura 3).



Figura 3: Folhas de leucena.

Nativa das regiões ocidentais e sub-Himalaias, incluindo Índia, Paquistão, Ásia Menor, África e Arábia (SHAHZAD et al., 2013), a moringa (*Moringa oleifera*) foi amplamente distribuída para outros países nas regiões tropicais e subtropicais do globo terrestre (RICHTER; SIDDHURAJU; BECKER, 2003). Com elevados níveis proteicos, suas folhas frescas (Figura 4) possuem aproximadamente 6,7% (LATEEF et al., 2016) desse nutriente, e quando secas tais valores podem representar até 36%, (AYEGBA; AYUBA; ANNUNE, 2016) (Tabela 4). Possui alguns aminoácidos essenciais, incluindo metionina, cisteína, triptofano e lisina, (MAKKAR; BECKER, 1996; OYEYINKA; OYEYINKA, 2018) e, por isso, é por muitas vezes comparada à soja em função da excelente qualidade de sua proteína (FRANCIS; MAKKAR; BECKER, 2001). A farinha feita a partir das folhas da moringa (FFM) é também fonte de carotenoides, ácido graxo linolênico, (SOLIVA et al., 2005) vitaminas C, B (FERREIRA et al., 2008) e minerais como cálcio, cobre, ferro, zinco e magnésio (GOPALAKRISHNAN; DORIYA; KUMAR, 2016).



Figura 4: Folhas de moringa.

Tabela 4. Composição bromatológica da farinha de folhas da Moringa (*Moringa oleifera*). Valores percentuais (%) com base na matéria seca.

MS	PB	EB (Kcal kg ⁻¹)	Cinzas	EE	FDN	FB	Referências
92,84	27,69	2390	12,34	6,54	-	7,89	(ARSALAN et al., 2016)
89,16	27,22	-	7,97	8,65	-	4,89	(AJITHKUMAR et al., 2021)
95,8	34,9	4788,86	8	5,9	-	7,1	(MADALLA; AGBO; JAUNCEY, 2013)
94,35	36,05	-	12,95	3,84	-	8,53	(AYEGBA; AYUBA; ANNUNE, 2016)
91,81	28,03	-	6,81	2,25	-	18,87	(DIENYE; OLUMUJI, 2014)
92,53	27,14	-	4,23	2,33	-	13,45	(EBUKA et al., 2021)
95	23,56	-	8,71	2,21	-	8,1	(NCHA et al., 2015)
92,78	30,57	-	10,13	9,49	-	10,87	(ABO-STATE et al., 2014)
93,21	26,47	3290	11,35	5,45	-	7,55	(TABASSUM et al., 2021)
93,36	29,1	-	11,8	8,5	-	8,1	(GANZON-NARET, 2014)
93,8	25	-	8,4	10,6	15,9	7,9	(RICHTER; SIDDHURAJU; BECKER, 2003)
92	32,09	4370,88	7,17	1,99	-	10,1	(HLOPHE; MOYO, 2014c)
88,62	26,62	-	12,01	5,34	-	18,97	(OLUSOLA; OLAIFA, 2018)
90,6	30,2	3410	10	8,4	-	15,2	(KASIGA et al., 2014)

Originária da América Latina, a mandioca (*M. esculenta*) é um arbusto lenhoso perene bastante cultivado, especialmente por suas raízes amiláceas (MADALLA; AGBO; JAUNCEY, 2016). Suas folhas (Figura 5) têm alto teor proteico (14,69-31,1%, Tabela 5), incomum em planta não leguminosa, (OLUSOLA; OLAIFA, 2018; SANTOS et al., 2009) e o perfil aminoácido se assemelha ao do farelo de soja, exceto por ser uma fonte escassa em aminoácidos contendo enxofre (EGGUM, 1970).

Da et al. (2013) quantificaram o teor de nove aminoácidos essenciais na farinha de folhas de mandioca, e observaram que leucina (17,5g kg⁻¹), arginina (13,7g kg⁻¹) e valina (10,8g kg⁻¹) foram os três aminoácidos encontrados em maior quantidade, com base na matéria seca. Quanto aos micronutrientes, Ravindran (1993) destacou que as folhas de mandioca são excelentes fontes de vitaminas (C, A e B2) e minerais (ferro, manganês e zinco).



Figura 5: Folhas de Mandioca.

Tabela 5. Composição bromatológica da farinha de folhas da Mandioca (*Manihot esculenta*). Valores percentuais (%) com base na matéria seca.

MS	PB	EB (Kcal kg ⁻¹)	Cinzas	EE	FDN	FB	FDA	Referências
92,03	20,97	5194,84	6,41	5,35	38,07	10,92	21,26	(SOARES, 2016)
95,94	28,79	4915,4	5,64	5,02	-	13,01	-	(MADALLA; AGBO; JAUNCEY, 2016)
92,74	21,87	4641	6,5	-	38,38	24,5	25,29	(BRAGA et al., 2010)
97,02	18,2	4797	6,66	13,05	-	15,06	-	(CARVALHO et al., 2012)
86,76	31,1	5221,4	9,77	6,7	-	16,45	-	(SANTOS et al., 2009)
-	27,6	4944,11	7,6	4,9	43	15	-	(TRAM et al., 2011)
-	14,69	-	16,07	8,9	-	15,63	-	(OLUSOLA; OLAIFA, 2018)
-	22,3	4514,19	9,7	6,5	33,9	-	-	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
91,98	18,92	4824,9	7,46	4,97	-	-	-	(ARAÚJO et al., 2012)
-	22,5	4060,38	8,4	4,3	-	-	-	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
-	22,3	4514,19	9,7	6,5	-	-	-	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2012)

De forma semelhante à mandioca, cujas raízes são o produto principal para consumo humano e cujas folhas podem ser utilizadas na alimentação animal, a abóbora (*Telfairia occidentalis*) é um fruto cultivado para consumo humano, e suas folhas (Figura 6) podem ser aproveitadas na produção de farinhas com posterior inclusão nas dietas aquáticas. Segundo Ajibade et al. (2006) suas folhas são ricas em proteína, extrato etéreo, vitaminas (A, B9, C e K), minerais (cálcio, zinco, potássio, cobalto, cobre, ferro) e pobre em fibra bruta (Tabela 6). Elas, ainda, possuem bioflavonoides ativos, substâncias capazes de promover o crescimento de plantas, de aves, (FASUYI; NONYEREM, 2007) e pode ter efeito similar em peixes (DADA, 2016).



Figura 6: Folhas e fruto da abóbora.

Tabela 6. Composição bromatológica da farinha de folhas da abóbora (*Telfairia occidentalis*). Valores percentuais (%) com base na matéria seca.

MS	PB	EB (Kcal kg ⁻¹)	Cinzas	EE	FB	Referências
95,52	25,66	-	2,84	6,84	2,34	(EJERE; CHIGBOGU; NNAMONU, 2018)
-	21,17	-	13,86	12,94	12,79	(OLUSOLA; OLAIFA, 2018)
90,96	35,14	3210	10,87	9,61	12,68	(FASUYI, 2021)
91,5	24,39	-	-	3,2	14,33	(OCHOKWU; TAIWO; BASHIR, 2021)

Com base na acessibilidade, disponibilidade local e bom perfil nutricional (Tabela 7), as folhas (Figura 7) do feijão guandu (*Cajanus cajan*) tem sido reconhecidas como uma fonte potencial de proteína na formulação de rações aquáticas (RANI et al., 2020). Seus

principais compostos bioativos são os flavonoides e estilbenos, que apresentam efeitos antioxidante (WU et al., 2009), antimicrobiano (QI et al., 2014), antiinflamatório, antivírus e antitumoral (ZU et al., 2006).

Tabela 7. Composição bromatológica da farinha de folhas do feijão guandu (*Cajanus cajan*). Valores percentuais (%) com base na matéria seca.

MS	PB	EB (Kcal kg ⁻¹)	Cinzas	EE	FB	Referências
97,73	16,59	1625,2	9,34	1,32	38,4	(ELTAYEB et al., 2015)
93,32	19,78	3340	9,19	8,43	9,06	(BAG et al., 2012a)
95,2	19,97	-	7,65	3,23	16,55	(RANI et al., 2020)
-	24,2	-	7,05	4,34	17,8	(CHEN et al., 2019)



Figura 7: Folhas de feijão guandu.

O aguapé (*Eichhornia crassipes*) é uma planta aquática de água doce com capacidade de aumento exponencial de sua biomassa, e por isso é vista como uma erva daninha (CENTER et al., 1999). Segundo Knipling et al. (1970) ela tem a capacidade de incorporar em seus tecidos altas quantidades de nutrientes, resultando em uma interessante composição química que pode ser aproveitada como matéria-prima para a produção de rações artesanais como observado por Wolverton e McDonald (WOLVERTON; MCDONALD, 1979).

Níveis elevados de proteína e cinzas, 24,13 e 13,22%, respectivamente, foram relatados por Medeiros et al. (1999), em folhas de aguapé, (Tabela 8). Os autores ressaltaram também a composição mineral da planta (folhas + pecíolo), com os macrominerais fósforo

(17,6 g kg⁻¹), magnésio (4,4 g kg⁻¹), cálcio (1,786 g kg⁻¹) e potássio (0,425 g kg⁻¹), bem como os microminerais, manganês (0,76 mg kg⁻¹), ferro (0,6 g kg⁻¹), Zinco (35 mg kg⁻¹) e cobre (8 mg kg⁻¹) (Figura 8).

Tabela 8. Composição bromatológica da farinha de folhas do aguapé (*Eichhornia crassipes*). Valores percentuais (%) com base na matéria seca.

MS	PB	EB (Kcal kg ⁻¹)	Cinzas	EE	FB	Referências
92,3	13,2	4333	5,32	5,5	27	(BIUDES; PEZZATO; CAMARGO, 2009)
-	13,37	3396,4	17	1	15	(SAHA; RAY, 2011)
89,5	13,57	3092,4	2,71	4,49	21,6	(KONYEME; SOGBESAN; UGWUMBA, 2006)
-	11,85	-	-	1,16	13,73	(MAHMOOD et al., 2018)
93,04	24,13	-	13,22	1,92	17,89	(MEDEIROS; SABAA SRUR; ROQUETTE PINTO, 1999)



Figura 8. Aguapé.

PRODUTIVIDADE E FABRICAÇÃO DE FARINHA DE FOLHAS DE PLANTAS

O potencial produtivo das plantas varia em função da espécie, variedade, fertilidade do solo, adubação empregada, cuidados culturais e condições climáticas locais (FONSECA; FONSECA, 1988). Miranda et al. (2002) avaliaram a produtividade de folhas de amoreira (*Morus alba* L.) em quatro períodos diferentes (40, 60, 75 e 90 dias após a poda) e observaram que, com 75 dias, a produtividade de massa foliar é maior, especialmente na primavera e no verão. Podendo chegar a 20.000 kg ha⁻¹ de matéria verde (FONSECA; FONSECA, 1988).

A leucena, outra planta forrageira de grande valor nutritivo, possui uma produção anual entre 1.250 a 11.600 kg ha⁻¹ de biomassa seca constituída de folhas e caules finos, podendo variar de local para local (DRUMOND; RIBASKI, 2010). Segundo Garcia et al. (1996) o intervalo de colheita ideal ou idade na colheita deve ser cerca de 8 semanas ou pouco antes do início da floração. Ela requer estações de crescimento longas, quentes e úmidas, com maior crescimento sob pleno sol. É encontrada de forma natural em altitudes abaixo de 500 m e sua taxa de crescimento é mais lenta, em altitudes mais elevadas (AGANGA; TSHWENYANE, 2003).

É comum o cultivo da mandioca (*Manihot esculenta*) para consumo das raízes ou de ambos os produtos, raízes e folhas, e menos comum o cultivo exclusivo de folhas, para fins forrageiros. Sunitha et al. (2015) estudaram o efeito da poda em diferentes períodos (sem poda, poda aos 3 meses e poda aos 3 e 6 meses) na produção de massa foliar e tubérculos e constataram que uma única poda no 3º mês resultou em rendimento máximo de folhagem e raízes, aos 12 meses. Nesse estudo, a produção anual de massa foliar variou de 2.570 a 13.960 kg ha⁻¹ de folhas frescas.

Ravindran (1993) destaca que, para fins forrageiros, é possível elevar a produtividade de massa foliar por área, aumentando a densidade de plantas (até 60.000 plantas ha⁻¹) e diminuindo a frequência de colheita, primeira colheita a partir dos 4 meses de idade em um ciclo de 60-75 dias. Sob tais condições, podem ser obtidos rendimentos anuais acima de 21.000 kg ha⁻¹ de matéria seca foliar de mandioca.

Tique et al. (2009) avaliaram o rendimento médio de folhas frescas de sete variedades de batata doce (*Ipomoea batatas*), após 90 dias de plantio em dois ciclos de cultivo, e os rendimentos variaram de 20.724 a 48.015 kg ha⁻¹. Em média, as folhas frescas apresentam porcentagem de matéria seca variando entre 10 e 20%.

A colheita das folhas utilizadas na confecção das farinhas, sempre que possível, deve seguir os princípios higiênicos e de qualidade, semelhantes aos adotados na colheita de plantas medicinais. É importante evitar colheitas após um longo período de chuvas, onde o teor de umidade pode interferir nos teores nutricionais e princípios ativos, além

dificultar a secagem e aumentar a possibilidade de aparecimento de fungos no produto (CORRÊA JUNIOR; SCHEFFER, 2013). O processo de secagem pode ocorrer de duas formas, com o auxílio de estufa de secagem, (EUZEBIO; MOREIRA; TAKAHASHI, 2020) comum em Universidades e Centros de pesquisa, e de forma natural, ao sol ou à sombra (JARDIM et al., 2021). Para o processo de secagem ao sol, a massa vegetal, composta por pecíolos e folhas, deve ser triturada em forrageira e espalhada sobre lona de plástico e revirada a cada quatro horas até atingir o ponto de fenação com umidade entre 10–15%. Para a secagem à sombra, a forragem triturada será disposta sobre lona em um ambiente coberto e arejado, para desidratação em temperatura ambiente (HISANO et al., 2013). O tempo de secagem depende do fluxo de ar, da temperatura e da umidade relativa do ar. Quanto maior a temperatura e maior o fluxo de ar, tanto mais rápida é a secagem (CORRÊA JUNIOR; SCHEFFER, 2013). Ao final deste processo, a biomassa desidratada deve ser passada novamente na forrageira com peneira de 0,5 mm, para obtenção da farinha de folhas. Caso a secagem seja feita em estufa de circulação de ar, é dispensada a primeira trituração (Figura 9).



Figura 9: Folhas de Ora-pro-nóbis antes do processo de secagem em estufa de recirculação, folhas presas aos galhos (lado esquerdo) e folhas após o processo de secagem, somente folhas e pecíolos (lado direito).

FARINHA DE FOLHAS DE PLANTAS NA ALIMENTAÇÃO DOS PEIXES

4.1 AMOREIRA (*MORUS ALBA*)

Além do uso das folhas de amoreira como forragem para animais terrestres, como coelhos (BAMIKOLE et al., 2005) e frangos de corte, (SAENTHAWEESUK, 2009) alguns trabalhos avaliaram seu uso nas dietas de diferentes espécies de peixes, como carpa rohu (*Labeo rohita*), (ALI; SAHA; KAVIRAJ, 2019) carpa comum (*Cyprinus carpio*), (HOU et al., 2019) tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) (DIAS et al., 2022b) e bagre australiano (*Heteropneustes fossilis*) (BAG et al., 2012a).

Na literatura foi encontrado apenas dois trabalhos que apresentam os valores de digestibilidade das folhas de amoreira do ingrediente em questão, na alimentação de peixes, com a tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*) Oliveira (2017) e com a tilápia do nilo (Dias et al. 2022a) (Tabela 9), no entanto, vários trabalhos avaliaram os efeitos dos nutrientes, presentes nas folhas de amora, no crescimento, no sistema imune, antioxidante e no metabolismo dos peixes (SHEIKHLAR et al., 2014; TANG et al., 2021; ZHU et al., 2021).

Tabela 9. Valores digestíveis da energia e dos nutrientes de diversas farinhas de folhas sugeridos para diferentes espécies de peixes.

Farinha de folhas	Proteína Digestível (%)	Energia Digestível (kcal kg ⁻¹)	Coeficiente de digestibilidade aparente (%)			Espécie	Referências
			Proteína Bruta	Energia Bruta	Peso médio (g)		
Eichhornia crassipes	9,5	2687	13,14	-	125,5 ± 10,5	<i>O. niloticus</i>	(BIUDES; PEZZATO; CAMARGO, 2009)
Ipomoea batatas	11,92	2753,2	71,8	78,9	8.5 ± 0.3	<i>P. hypophthalmus</i>	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
	16,83	-	78,8	-	3,7	<i>E. coioides</i>	(EUSEBIO; COLOSO; MAMAUAG, 2004)
Leucaena leucocephala	19,05	1599,65	74,77	29,91	165	<i>C. macropomum</i>	(SOARES, 2016)
	20,34	971,38	71,72	30,3	37,86±1,26	<i>O. niloticus</i>	(ARAÚJO et al., 2012)

Manihot esculenta	3,97	1109,72	21,07	23,04	37,86±1,26	<i>O. niloticus</i>	(ARAÚJO et al., 2012)
	7,67	1660,79	36,59	31,97	165	<i>C. macropomum</i>	(SOARES, 2016)
	10,9	1359	49,83	29,29	40	<i>O. niloticus</i>	(BRAGA et al., 2010)
	13,35	3104	73,37	64,7	100	<i>O. niloticus</i>	(BRAGA et al., 2010)
	14,18	3464,7	63,6	76,7	8.5 ± 0.3	<i>P. hypophthalmus</i>	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
	16,48	2886,39	53	55,28	20	<i>O. niloticus</i>	(SANTOS et al., 2009)
	19,92	-	72,2	-	1,5	<i>O. niloticus</i>	(TRAM et al., 2011)
	21,66	-	78,5	-	3,9	(<i>C. macrocephalus</i> <i>X C. gariepinus</i>)	(TRAM et al., 2011)
Manihot pseudoglaziovii	10,49	794,54	44,88	17,08	37,86±1,26	<i>O. niloticus</i>	(ARAÚJO et al., 2012)
	20,48	-	75,26	75,72	3,2	<i>P. brachypomus</i>	(AJITHKUMAR et al., 2021)
Moringa oleifera	22	-	80,82	72,9	3,2	<i>L. rohita</i>	(AJITHKUMAR et al., 2021)
	25,7	3680,68	89	76,8	4.68 ± 0.34 g	<i>O. niloticus</i>	(MADALLA; AGBO; JAUNCEY, 2013)
Morus alba	11,77	2085,3	67,24	56,62	185,4	(<i>C. macropomum</i> <i>X P. brachypomum</i>)	(OLIVEIRA, 2017)
	22,94	1569	94	39	2,74±0,58	<i>O. niloticus</i>	(DIAS et al., 2022a)

Mondal et al. (2012) testaram o efeito da substituição parcial da farinha de peixe na dieta por farinha de folhas de amoreira no desempenho de crescimento e atividades de enzimas digestivas em bata (*Labeo bata*) e a consideraram uma opção viável desde que o teor de fibra da dieta não ultrapasse 5,63% do peso seco da dieta. Além dos carboidratos complexos, a limitação de seu uso se deve a deficiência de aminoácidos essenciais (KAVIRAJ et al., 2013; MONDAL; KAVIRAJ; MUKHOPADHYAY, 2012) e a presença de fatores antinutricionais (ASTUTI; BECKER; RICHTER, 2008). Para solucionar tais limitações do seu uso, Miao et al.(2020) testaram a inclusão da farinha de folhas de amoreira associado ao carvão de bambu (aditivo adsorvente não nutritivo) e observaram que 30% de inclusão de farinha de folhas de amoreira com 0,4% de carvão de bambu pode melhorar o desempenho de crescimento, capacidade antioxidante hepática e à doença em de juvenis tilápias do Nilo linhagem/GIFT (Tabela 10).

Tabela 10. Níveis de inclusão da farinha de folha de amora na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
18	<i>O. niloticus</i>	50	(DIAS, 2019)
20	<i>O. niloticus</i>	120±35,84	(DIAS et al., 2022b)
30	<i>O. niloticus</i>	9,65±0.40	(MIAO et al., 2020)

A fermentação das farinhas de folhas é outro método que propõe a desintoxicação biológica de ingredientes agroindustriais e vegetais e tem por consequência aumento da digestibilidade dos nutrientes, bem como da sua biodisponibilidade (KIM; YANG; SONG, 1999). Adewumi e Ola-Oladimeji (2016) não observaram efeitos adversos com o uso de farinha de folhas de amora fermentada em até 20% de substituição (4,5% de inclusão) da farinha de peixe no crescimento de juvenis de bagre africano (*Clarias gariepinus*) (Tabela 11).

Tabela 11. Níveis de inclusão de diversas farinhas de folhas fermentadas sugeridos para diferentes espécies de peixes.

Farinha de folhas fermentada	Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
<i>Ipomoea aquatica</i>	40	<i>L. rohita</i> Ham.	6,41±0,32	(BARUAH et al., 2018)
	30	<i>L. rohita</i> Ham.	8±0,02	(JAYANT et al., 2020)
<i>Ipomoea batatas</i>	30	<i>L. rohita</i> Ham.	7,2±0,05	(MESHRAM et al., 2018)
<i>Lemna polyrhiza</i>	30	<i>L. rohita</i> Ham.	6,4±0,31	(BAIRAGI et al., 2002)
<i>Leucaena leucocephala</i>	30	<i>L. rohita</i> Ham.	7,15±0,35	(BAIRAGI et al., 2004)
<i>Moringa oleifera</i>	10	<i>C. auratus gibelio</i>	19.36 ± 0.03	(ZHANG et al., 2020)
	4,5	<i>C. gariepinus</i>	30,2	(ADEWUMI; OLA-OLADIMEJI, 2016)
<i>Morus alba</i>	5	<i>C. carassius</i>	27.35 ± 0.30	(ZHU et al., 2021)
<i>Sesbania aculeata</i>	15	<i>C. carpio</i>	15.9 ± 0.05	(ANAND et al., 2020)

Outra solução investigada por muitos pesquisadores é o uso de uma mistura fermentada (ALI; SAHA; KAVIRAJ, 2019; BAG et al., 2012b; MONDAL; KAVIRAJ; MUKHOPADHYAY, 2011, 2015) feita a partir de farinha de folhas de amoreira e vísceras de peixes. Com essa mistura, Kaviraj et al. (2013) substituíram, com sucesso, até 80% de farinha de peixe na formulação da dieta de *L. rohita*, reduzindo substancialmente o custo da dieta.

4.2 BATATA-DOCE (*IPOMOEA BATATAS*)

Semelhante a outras farinhas de origem vegetal, as folhas de batata-doce apresentam alto teor de fibra e fatores antinutricionais como fitato, inibidor de tripsina, alcaloide, oxalato, tanino e cianeto (ANTIA et al., 2006). Logo, o uso dessa farinha deve se basear na capacidade de cada espécie em aproveitar seus nutrientes digestíveis. Da et al. (2013) avaliaram a digestibilidade da farinha de folhas de batata-doce, na dieta de alevinos do bagre listrado (*Pangasianodon hypophthalmus*) e consideraram desprezíveis os efeitos antinutricionais deste ingrediente.

Segundo Lochmann et al. (2012), lipídios são a fonte de energia preferida dos peixes, e as folhas de batata-doce possuem mais lipídeos que o farelo de trigo, grãos secos de destilaria com solúveis de milho (DDGs), farelo de gérmen de milho, farelo de cevada, topos ou coroas de beterraba e farelo de arroz. Esses autores incluíram a farinha de folhas de batata-doce como fonte energética na dieta do bagre americano (*Ictalurus punctatus*) ao nível de 23% e não observaram efeitos antinutricionais aparentes da alimentação no crescimento, saúde ou sobrevivência. Já Ahmad et al. (2019) substituíram 100% do farelo de arroz (30% de inclusão) na ração de alevinos de carpa rohu (*Labeo rohita*) e não observaram redução na taxa de crescimento e consumo de ração, sugerindo que as folhas de batata-doce servem como fonte de proteína e energia, sendo adequados para a formulação de dietas para peixes (Tabela 12).

Tabela 12. Níveis de inclusão da farinha de folhas de batata-doce na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
23	<i>I. punctatus</i>	16,1±0,1	(LOCHMANN et al., 2012)
27,3	<i>C. zillii</i>	2,13±0,85	(ADEWOLU, 2008)
30	<i>L. rohita</i> Ham.	4,3±0,2	(NASEEM et al., 2020)

Por meio da fermentação em estado sólido com o fungo (*Chaetomium globosum*) Jayant et al. (2020) observaram aumento na proteína bruta da farinha de folhas de batata-doce de 21,47% para 31,20%, concomitante com a diminuição dos teores de fibra bruta, de 19,43% para 7,22%, e fatores antinutricionais como tanino, ácido fítico, inibidor de tripsina, oxalatos, alcaloide e cianeto de hidrogênio (HCN) em até 64,95%, 57,51%, 15,31%, 37,32%, 50,00% e 61,70%, respectivamente. Desse modo, os autores substituíram o farelo de arroz em 100% na dieta de alevinos de carpa rohu sem nenhum efeito adverso no desempenho de crescimento, conversão alimentar e composição corporal total. O mesmo resultado foi observado por Meshram et al. (2018), que além do desempenho, verificaram a expressão do gene IGF-1, relacionado ao crescimento (Tabela 11).

4.3 LEUCENA (*LEUCAENA LEUCOCEPHALA*)

Apesar dos diferentes hábitos alimentares a garoupa, *Epinephelus coioides*, (carnívoro), do tambaqui (*Colossoma macropomum*) e da tilápia do nilo, os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína da farinha de folhas de leucena variaram pouco entre as espécies, de 71,72 a 78,8%, e consequentemente os valores de proteína digestíveis, de 16,83 a 20,34% (Tabela 9).

Embora o consumo das rações não seja afetado, De et al.(2012) sugerem que os não ruminantes geralmente não toleram dietas que contenham mais que 10% de leucena, com base na matéria seca, pois as folhas possuem um aminoácido não proteico tóxico, a mimosina (BAIRAGI et al., 2004). No entanto, Segundo et al. (2006) incluíram 20,56% de farinha de folhas de leucena em rações para alevinos de tilápia do Nilo e não observaram redução do desempenho num período de 55 dias. Kasiga et al. (2014) incluíram 28,8% e também não verificaram redução no crescimento na mesma espécie de peixe. Considerando que esses foram os maiores níveis incluídos em ambos os trabalhos, o nível máximo de inclusão da farinha de folhas de leucena na dieta de tilápias não é conhecido. Níveis de inclusão superiores ao limite sugerido por De et al. (2012) também foram vistos em outras espécies, como com o bagre africano (AMISAH; OTENG; OFORI, 2009; TIAMIYU; OKOMODA; AGBO, 2015) e com o tambaqui (PEREIRA JUNIOR et al., 2013)(Tabela 13).

Tabela 13. Níveis de inclusão da farinha de folhas de leucena na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
7,5	C. zillii	9,5±0,5	(BABALOLA; FAKUNMOJU, 2020)
10	Liza parsia	1,65 ±0,14	(DE et al., 2012)
20		40,18±0,51	(AMISAH; OTENG; OFORI, 2009)
20	C. gariepinus	24,98	(TIAMIYU; OKOMODA; AGBO, 2015)
24	C. macropomum	41,1±4,83	(PEREIRA JUNIOR et al., 2013)
20,26		10,57±2,55	(SEGUNDO; ARARIPE; LOPES, 2006)
28,8	O. niloticus	5,2	(KASIGA et al., 2014)

Bairagi et al. (2004) adicionaram duas cepas de bactérias, *Bacillus subtilis* (isolado de carpa comum), e *Bacillus circulans* (isolado da tilápia mossâmbica *Oreochromis mossambicus*), na farinha de folhas de leucaena em rações peletizadas para alevinos de carpa rohu. Logo, observaram que 30% de inclusão proporcionou os melhores desempenhos de crescimento e eficiência de utilização de ração (Tabela 11) e o desempenho do grupo de peixes criados em níveis semelhantes de farinha de folhas de leucena crua foi inferior ao dos criados em dietas incorporadas com farinha de folhas de leucena inoculada. Os autores, atribuíram o resultado, à diminuição dos fatores antinutricionais (mimosina, tanino

e fibra bruta), resultante das bactérias, sendo que, conseqüentemente, houve aumento nos teores de proteína bruta, aminoácidos livres totais e ácidos graxos.

4.4 MORINGA (*MORINGA OLEIFERA*)

Devido aos seus excelentes valores nutritivos, já citados, a moringa é vista como uma alternativa promissora, e por isso, inúmeras pesquisas foram desenvolvidas utilizando-a na nutrição de diversos peixes, como robalo (*Lates calcarifer*), (GANZON-NARET, 2014) bagre africano (*Clarias gariepinus*), (EBUKA et al., 2021) tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), (CHEN et al., 2020) peixe-panga (*Pangasius bocourti*), (PUYCHA et al., 2017) carpa mrigal (*Cirrhinus mrigala*), (TABASSUM et al., 2021) carpa comum (*Cyprinus carpio*), (ADESHINA et al., 2018) carpa rohu (*Labeo rohita*), (MASOOD et al., 2020) carpa capim (*Ctenopharyngodon idella*) (FAHEEM et al., 2020) e a pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) (AJITHKUMAR et al., 2021).

Madalla et al. (2013) avaliaram a digestibilidade da farinha de folhas de moringa em juvenis de tilápia do nilo e embora tenham obtido níveis elevados de proteína (25,7 g/kg⁻¹) e energia digestível (3680,68 Kcal kg⁻¹), um teste de desempenho, mostrou diminuição na ingestão da ração com aumento dos níveis de inclusão. Os autores apontam a presença de fatores antinutricionais, saponinas e taninos, como os possíveis responsáveis pela diminuição da palatabilidade por conferirem sabor adstringente/amargo às dietas (Tabela 9).

Abo-State et al. (2014) adicionaram 8,7%, valor inferior ao menor nível de inclusão praticado por Madalla et al. (2013) e não observaram rejeição da ração nos 75 dias de experimento. Além disso, Abo-State et al. (2014), Chen et al. (2020), Richter et al. (2003), Kasiga et al. (2014) e Karina et al. (2015) indicam o uso da farinha de folha de moringa em até 8,7, 10, 12, 24,4 e 16-32% de inclusão, respectivamente, sem comprometer o desempenho de alevinos de tilápia do nilo (Tabela 14).

Cabe ressaltar, que os ótimos resultados observados por Kasiga et al. (2014) e Karina et al. (2015) podem não está relacionados diretamente a farinha de folhas, uma vez que, Kasiga et al. (2014) conduziram o ensaio em tanques ao ar livre que continham plâncton e, que tilápias consomem esse alimento, ele pode mascarar os resultados das dietas experimentais. Em relação às dietas utilizadas por Karina et al. (2015), embora isoproteicas, à medida que aumentou a farinha de folhas, elevou-se também a farinha de peixe e, assim, não ficou claro qual ingrediente foi responsável pelo melhor desempenho.

Tabela 14. Níveis de inclusão da farinha de folhas de moringa na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
2,3	<i>C. gariepinus</i>	11,54 ± 2,1	(GBADAMOSI; OSUNGBEMIRO, 2016)
2,64		4,35±0,06	(AYEGBA; AYUBA; ANNUNE, 2016)
3		9,17 ±0,33	(DIENYE; OLUMUJI, 2014)
3		29,69 ± 0,91	(OZOVEHE, 2013)
7,6		9,14	(EBUKA et al., 2021)
13		1,89±16,1	(NCHA et al., 2015)
8	<i>O. niloticus</i>	3,25	(ABO-STATE et al., 2014)
8,8	<i>C. carpio</i>	18,08±0,26	(YUANGSOI; MASUMOTO, 2012)
10	<i>C. mrigala</i>	6,35 ± 0,04	(TABASSUM et al., 2021)
10	<i>L. rohita Ham.</i>	6,61	(HUSSAIN et al., 2018)
10		5,7	(MEHDI et al., 2016)
10	<i>L. calcarifer</i>	2	(GANZON-NARET, 2014)
10	<i>O. niloticus</i>	4,05±0,05	(CHEN et al., 2020)
10	<i>P. bocourti</i>	3,72 ± 0,06	(PUYCHA et al., 2017)
12	<i>O. niloticus</i>	10,5±2,5	(RICHTER; SIDDHURAJU; BECKER, 2003)
15	<i>C. idella</i>	22,03±1,16	(FAHEEM et al., 2020)
17	<i>C. carpio</i>	8,12±0,21	(ADESHINA et al., 2018)
24,4	<i>O. niloticus</i>	5,2	(KASIGA et al., 2014)
30	<i>L. rohita Ham.</i>	190,25	(MASOOD et al., 2020)
16-32	<i>O. niloticus</i>	1,31±0,26	(KARINA et al., 2015)

A proteína bruta da farinha de folha de moringa também foi bem digerida pela carpa rohu (81%) e pelo pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (75%) (AJITHKUMAR et al., 2021), estando, os coeficientes de digestibilidade, dentro do intervalo considerado alto por Cho e Kaushik (1990). Esses resultados são sustentados por Masood et al. (2020), que indicam elevados níveis de inclusão dessa farinha (20-30%), para promover o crescimento de alevinos carpa rohu. Diferentemente dos autores acima, Mehdi et al. (2016) e Hussain et al. (2018) não recomendam inclusões maiores que 10%, tendo por consequência diminuição do consumo e crescimento em função do aumento de antinutrientes.

Os níveis de inclusão dessa farinha, na dieta do bagre africano, variaram de 2,3 a 13%. Dienye e Olumuji (2014) e Ozovehe (2013) observaram, nessa espécie, que níveis de 10% de substituição em relação a farinha de peixe diminuíram os parâmetros hematológicos (volume corpuscular médio, hemácias e hemoglobina) tendo como possíveis causas o aumento da fibra e dos antinutrientes. Tais limitações podem estar relacionadas à espécie, uma vez que, Adeshina et al. (2018) observaram, em juvenis de carpa comum, efeito

inverso, ou seja, melhora nos parâmetros hematológicos (glóbulos vermelhos, glóbulos brancos e hemoglobina) dos peixes suplementados com farinha de folhas de moringa em comparação aos que se alimentaram da dieta controle.

Em alevinos de tilápia do nilo suplementados com 1,5% farinha de folhas de moringa, além de promover o crescimento, Elabd et al. (2019) registraram melhorias nos índices hematológicos (volume médio corpuscular, hemoglobina corpuscular média e concentração de hemoglobina corpuscular média), em relação ao grupo controle (sem inclusão). Além disso, os autores destacaram o efeito anti-estresse deste ingrediente, por promover melhorias no sistema de defesa antioxidante enzimático (superóxido dismutase, glutathione peroxidase, catalase e lipoperoxidase). Isso porque, segundo Sherif et al. (2014), as folhas de moringa possuem fenólicos e flavonoides, que possuem diversas atividades biológicas, incluindo propriedades antioxidantes, anticancerígenas, imunomoduladoras e hepatoprotetoras.

Considerando que, o número de trabalhos que testam os seus níveis de inclusão, seja como farinha crua ou fermentada é muito superior ao de trabalhos que determinam a digestibilidade deste ingrediente nas diferentes espécies (Tabela 9; 11 e 14), é possível supor que ou os valores digestíveis não estão sendo publicados ou a inclusão do ingrediente esta sendo feito sem base nos valores digestíveis de seus nutrientes.

4.5 MANDIOCA (*MANIHOT ESCULENTA*)

Apesar de seu mérito nutricional, o uso potencial de folhas de mandioca é limitado pela presença de glicosídeos cianogênicos que liberam ácido cianídrico tóxico na hidrólise. Ng e Wee (1989) indicam a remoção de quantidades substanciais desse antinutriente pela simples secagem das folhas ao sol. Os autores ainda afirmam que os níveis residuais são tolerados pela tilápia do nilo. Outros compostos indesejados são os taninos e os carboidratos complexos (RAVINDRAN; KORNEGAY; RAJAGURU, 1987).

A inclusão de baixas concentrações de proteína (3,97%) e energia digestível (1109,72 kcal kg⁻¹) nas folhas de mandioca em dietas de juvenis de *O. niloticus*, foi relatada por Araújo et al.(2012), que atribuíram os baixos índices ao alto nível de fibra, uma vez que, segundo Meurer et al.(2003), a fibra não é aproveitada por grande parte dos peixes e seu aumento pode ocasionar modificações na taxa de passagem do bolo alimentar.

Diferentemente dos valores digestíveis observados por Araújo et al. (2012), para a tilápia do nilo, foram encontrados valores digestíveis que podem chegar a 19,92% de PD (TRAM et al., 2011) e 3104 kcal kg⁻¹ de ED (CARVALHO et al., 2012) (Tabela 9). Tais resultados são fortalecidos por Jesus et al. (2011) e Sena et al.(2012) que recomendam a inclusão de farinha de folhas de mandioca em até 20%, nas rações de tilápias do Nilo, sem comprometer o desempenho zootécnico e alterar a composição corporal (Tabela 15).

Tabela 15. Níveis de inclusão da farinha de folhas de mandioca na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
5	<i>O. niloticus</i>	20±5,0	(SANTOS et al., 2015)
10	<i>P. argenteus</i>	10.77±1.29	(SOARES et al., 2019)
20	<i>O. niloticus</i>	2,89±0,43	(JESUS et al., 2011)
20	<i>O. niloticus</i>	85,22±3,13	(SENA et al., 2012)

4.6 ABÓBORA (*TELFAIRIA OCCIDENTALIS*)

O efeito no crescimento, perfil hematológico e composição corporal da farinha de folhas de abóbora canelada na dieta do bagre africano foi investigado por Dada et al.(2016), que apontaram melhora no crescimento, na utilização da ração e na sobrevivência, sem efeito nos parâmetros hematológicos dos alevinos (Tabela 16). Embora aparente ser um alimento promissor, não há evidências que apontem valores digestíveis dos nutrientes desse alimento na nutrição de peixes.

Tabela 16. Níveis de inclusão da farinha de folhas de abóbora na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
1	<i>C. gariepinus</i>	3,75±0,52	(IDOWU; DENHAM; ADEDEJI, 2019)
7	<i>H. bidorsalis</i>	1,19	(EJERE; CHIGBOGU; NNAMONU, 2018)

4.7. FEIJÃO GUANDU (*CAJANUS CAJAM*)

Bag et al. (2012a) incluíram 40% de farinha de folhas de feijão guandu na dieta de tilápias do nilo e obtiveram melhoras não apenas no crescimento, mas também melhoras na qualidade da carne, com aumento do teor de proteína bruta e lipídios dos peixes, o que é benéfico para a saúde humana. Níveis de inclusão semelhantes foram recomendados por Rani et al.(2020), para alevinos de carpa rohu (Tabela 17).

Tabela 17. Níveis de inclusão da farinha de folhas de feijão guandu na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
40	<i>L. rohita Ham.</i>	5.0±0.25	(RANI et al., 2020)
40	<i>O. niloticus</i>	5.1±0.02	(BAG et al., 2012a)

4.8 TALIMKHANA (*HYGROPHILA SPINOSA*)

Além dos resíduos das culturas agrícolas, direcionados à alimentação humana, plantas forrageiras também podem ser utilizadas na alimentação de organismos aquáticos. A talimkhana é uma planta herbácea, cujas folhas contêm cerca de 20,6% de proteína bruta, 36,4% de extrato livre de nitrogênio, 21,3% de fibra bruta e com elevada porcentagem mineral, 18,3%. (BANERJEE; MATAI, 1990) Maiti et al. (2019) estudaram o melhor nível de inclusão da farinha de folhas de talimkhana como substituto do farelo de arroz sem óleo na dieta de alevinos de carpa rohu e concluíram que a substituição completa é possível, com 30% de inclusão na dieta, sem comprometer o desempenho de crescimento (Figura 10).



Figura 10. Folhas de Talimkhana.

4.9 CAPIM KIKUYU (*PENNISETUM CLANDESTINUM*)

O capim kikuyu é uma gramínea com elevado teor proteico, cerca de 26%, com perfil aminoacídico equilibrado e baixas concentrações de antinutrientes. Seu potencial como substituto parcial da farinha de peixe foi observado na dieta de tilápia rendalli (HLOPHE; MOYO, 2014c), tilápia mossâmbica (HLOPHE; MOYO, 2014a) e bagre africano (HLOPHE; MOYO, 2014b), com inclusão de 7,5%. Hlophe-Ginindza e Moyo(2018) relataram redução da atividade enzimática ao aumento dos níveis de capim kikuyu na dieta, comprometendo o desempenho de crescimento dos peixes, efeito mais evidente no bagre africano do que nas tilápias (Figura 11).



Figura 11. Capim kikuyu.

Tabela 18. Níveis de inclusão da farinha de folhas de capim kikuyu na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
7,5	<i>C. rendalli</i>	11,5 ±1	(HLOPHE; MOYO, 2014c)
7,5	<i>O. mossambicus</i>	12,5	(HLOPHE; MOYO, 2014a)

4.10 AGUAPÉ (*EICHHORNIA CRASSIPES MARTIUS*)

Sotolu et al. (2010) observaram efeito positivo no crescimento do bagre africano, quando alimentados com rações contendo farinha de folhas de aguapé. Igualmente, 15% de farinha de aguapé na ração formulada não exerceu nenhum efeito adverso no desempenho de crescimento em carpa rohu (SARKER et al., 2020). Desta forma, além de ajudar os piscicultores a garantir a produção sustentável de peixes através da produção de dietas de menor custo, a produção de ração aquática é uma forma bem-sucedida de gerenciamento da erva daninha em cursos de água..

Tabela 19. Níveis de inclusão da farinha de folhas de aguapé na dieta de peixes.

Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
15	<i>C. carpio</i>	27,2±1	(AL-GBURI; AL-SHAWI, 2019)
15	<i>L. rohita Ham.</i>	200	(SARKER et al., 2020)

4.11 OUTRAS FARINHAS DE FOLHAS

Os valores nutritivos das folhas de plantas, disponíveis localmente, e consequentemente das farinhas derivadas delas, tendem a justificar a contínua investigação e utilização de seus potenciais na alimentação de peixes. Os estudos apontam não apenas melhoras no desempenho como também na saúde dos peixes. Embora nem sempre os níveis de inclusão sejam elevados, em função de diferentes fatores antinutricionais que variam entre as plantas, já existem indícios de bons resultados. Abaixo, foram listados os níveis de inclusão de outras farinhas de folhas menos comuns em trabalhos com peixes (Tabela 20).

Tabela 20. Níveis de inclusão de diferentes farinha de folhas na dieta de peixes.

Farinha de folhas	Nível de inclusão	Espécie	Peso médio (g)	Referências
<i>Amaranthus spinosus</i>	5	<i>C. gariepinus</i>	5,00±0,37	(ADEWOLU; ADAMSON, 2011)
<i>Delonix regia</i>	16		5,11±0,01	(ADESINA; AGBATAN, 2021)
<i>Gliricidia Maculata</i>	40	<i>C. mrigala</i>	2,24±0,04	(VHANALAKAR; MULEY, 2014)
<i>Houttuynia cordata</i>	1	<i>L. rohita Ham.</i>	3,37±0,23	(GARG et al., 2019)
<i>Lemna polyrrhiza</i>	10		6,4±0,31	(BAIRAGI et al., 2002)
<i>Stellaria media</i>	10	<i>O. niloticus</i>	20	(YILMAZ; ERGÜN, 2013)
<i>Vigna mungo</i>	20	<i>L. rohita Ham.</i>	3,52±0,04	(SAHOO et al., 2020)

CONCLUSÕES

As farinhas de folhas apresentam potencial para uso na alimentação de peixes, podendo substituir parcialmente ingredientes tradicionais ao fornecer nutrientes e energia. No entanto, a inativação dos antinutrientes poderia torná-las mais eficientes em seu papel. Embora muitas metodologias tenham surgido para reduzir a quantidade ou o efeito destes, elas funcionam bem em antinutrientes específicos, enquanto isso, as farinhas de folhas geralmente apresentam mais de um fator antinutricional.

REFERÊNCIAS

- ABO-STATE, H. et al. Evaluation of feeding raw moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves meal in Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) diets. **Global Veterinaria**, v. 13, n. 1, p. 105–111, 1 jan. 2014.
- ADENIJI, C. A.; FAKOYA, K. A.; OMAMOHWO, V. R. Partial replacement of soybean cake with amaranth *us spinosus* leaf meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Biological Sciences - PJSIR**, v. 50, n. 5, p. 335–338, 9 out. 2007.
- ADESHINA, I. et al. Effects of dietary *Moringa oleifera* leaf meal as a replacement for soybean meal on growth, body composition and health status in *Cyprinus carpio* juveniles. **Croatian Journal of Fisheries**, v. 76, p. 174–182, 2018.
- ADESINA, S. A.; AGBATAN, O. D. Growth response and feed utilization in *Clarias gariepinus* fingerlings fed diets supplemented with processed flamboyant (*Delonix regia*) leaf meal. **Agro-Science**, v. 20, n. 1, p. 38–45, 24 mar. 2021.
- ADEWOLU, M. Potentials of sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaf meal as dietary ingredient for *Tilapia zilli* fingerlings. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 7, 1 mar. 2008.
- ADEWOLU, M.; ADAMSON, A. A. *Amaranthus spinosus* leaf meal as potential dietary protein source in the practical diets for *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. **International Journal of Zoological Research**, v. 7, p. 128–137, 1 fev. 2011.
- ADEWUMI, A. A.; OLA-OLADIMEJI, F. A. Performance characteristics and feed utilization of african cat fish (*Clarias gariepinus*) fed varying inclusion levels of fermented mulberry leaf. **Direct Research Journal of Agriculture and Food Science**, v. 4, p. 87–93, 2 maio 2016.
- AGANGA, A. A.; TSHWENYANE, S. O. Lucerne, lablab and *Leucaena leucocephala* forages: production and utilization for livestock production. **Pakistan Journal of Nutrition**, n. 2, p. 46–53, 2003.
- AGBO, A. N. Effects of processing on amino acids composition of *Leucaena leucocephala* (Lam De Wit) leaf meal. **Nigerian Journal of Biotechnology**, v. 37, n. 2, p. 157–164, 2020.
- AHMAD, Z. et al. Effect of replacement of de-oiled rice bran with sweet potato leaf meal on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). **Indian Journal of Fisheries**, 2019.
- AJIBADE, S. et al. Sex differences in biochemical contents of *Telfairia occidentalis* Hook F. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 4, n. 1, p. 155–156, 1 jan. 2006.
- AJITHKUMAR, M. et al. Effect of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaf meal supplementation on growth and nutrient digestibility of rohu and PACU under different culture practices. **The Pharma Innovation Journal**, v. 10, n. 6, p. 328–332, 2021.
- AL-GBURI, E. J. M.; AL-SHAWI, S. A. Effect of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaves meal substitution with maize on digestibility of common carp (*Cyprinus carpio*). **Plant Archives**, v. 19, p. 19–21, 2019.
- ALI, S.; KAVIRAJ, A. Rearing catfish *Heteropneustes fossilis* on feed supplemented by fermented leaf meal of *Ipomoea aquatica*. **International Journal of Aquatic Biology**, v. 9, n. 2, p. 79–87, 24 mar. 2021.

- ALI, S.; SAHA, S.; KAVIRAJ, A. Fermented mulberry leaf meal as fishmeal replacer in the formulation of feed for carp *Labeo rohita* and catfish *Heteropneustes fossilis*—optimization by mathematical programming. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 2, p. 839–849, 2019.
- ALLAN, G. L. et al. Replacement of fish meal in diets for australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v. 186, n. 3, p. 293–310, 15 jun. 2000.
- AMISAH, S.; OTENG, M. A.; OFORI, J. K. Growth performance of the african catfish, *Clarias gariepinus*, fed varying inclusion levels of *Leucaena leucocephala* leaf meal. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 13, n. 1, 2009.
- ANAND, G. et al. *Sesbania aculeata* leaf meal as replacer of de-oiled rice bran in aquaculture feed: Growth, IGF-1 expression, metabolic and biochemical responses in *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758). **Aquaculture Research**, v. 51, n. 6, p. 2483–2494, 2020.
- ANTIA, B. S. et al. Nutritive and anti-nutritive evaluation of sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) leaves. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 5, 2006.
- ARAÚJO, J. R. DE et al. Apparent digestibility of ingredients of the Northeast Semi-Arid for Nile tilapia. **Ciência Rural**, v. 42, p. 900–903, maio 2012.
- ARSALAN, M. Z.-U.-H. et al. Effects of *Moringa oleifera* leaf meal (MOLM) based diets on carcass composition and hematology of *Labeo rohita* fingerlings. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, p. 10, 2016.
- ASTUTI, D. A.; BECKER, K.; RICHTER, N. Utilization of methanol extracted of mermga and mulberry leaves to evaluate energy and protein balance of Nile tilapia. p. 70–82, 2008.
- AYEGBA, E. O.; AYUBA, V. O.; ANNUNE, P. A. Growth performance of *Clarias gariepinus* fed soaked *Moringa Oleifera* leaf meal. **Octa Journal of Biosciences**, v. 4, n. 1, p. 23–27, 2016.
- AYYAT, M. S. et al. Evaluation of leaf protein concentrate from *Beta vulgaris* and *Daucus carota* as a substitute for soybean meal in *Oreochromis niloticus* fingerlings diets. **Aquaculture Research**, p. 1–14, 2021.
- BABALOLA, O. A.; FAKUNMOJU, F. A. Effect of partial replacement of fishmeal with *Leucaena leucocephala* leaf meal on the growth performance of *Tilapia zilli* fingerlings. **Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research**, v. 9, n. 2, p. 9–14, 18 set. 2020.
- BAG, M. P. et al. Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with two leguminous plant leaf meals. **International Journal of Pharmacy e Life Sciences**, v. 3, n. 10, 2012a.
- BAG, M. P. et al. Evaluation of mulberry (*Morus alba*, Linn.) leaf meal as a complete diet for sting fish (*Heteropneustes fossilis*, Bloch.). **International Journal of Pharmaceutical and Life Sciences**, v. 3, n. 9, 2012b.
- BAIRAGI, A. et al. Duckweed (*Lemna polyrhiza*) leaf meal as a source of feedstuff in formulated diets for rohu (*Labeo rohita* Ham.) fingerlings after fermentation with a fish intestinal bacterium. **Bioresource Technology**, v. 85, n. 1, p. 17–24, 2002.

- BAIRAGI, A. et al. Evaluation of the nutritive value of *Leucaena leucocephala* leaf meal, inoculated with fish intestinal bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus circulans* in formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 35, n. 5, p. 436–446, 2004.
- BAMIKOLE, M. A. et al. Nutritive value of mulberry (*Morus Spp.*) leaves in the growing rabbits in nigeria. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 4, n. 4, p. 231–236, 2005.
- BANERJEE, A.; MATAI, S. Composition of Indian aquatic plants in relation to utilization as animal forage. **Journal of Aquatic Plant Management**, v. 28, p. 69–73, 1 jan. 1990.
- BARUAH, D. et al. Growth performance of *Labeo rohita* (Hamilton) yearlings through use of fermented *Pomoea aquatica* leaf meal as fish feed. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, p. 5, 2018.
- BIUDES, J. F. V.; PEZZATO, L. E.; CAMARGO, A. F. M. Digestibilidade aparente da farinha de aguapé em tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2079–2085, nov. 2009.
- BRAGA, L. G. T. et al. Apparent digestibility of the energy and nutrients of agro-industrial by-products for Nile tilapia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, p. 1127–1136, 2010.
- CARVALHO, P. L. P. F. DE et al. Valor nutritivo da raiz e folhas da mandioca para a tilápia do Nilo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 1, p. 61–69, 2012.
- CENTER, NULL et al. Biological control of water hyacinth under conditions of maintenance management: can herbicides and insects be integrated? **Environmental Management**, v. 23, n. 2, p. 241–256, fev. 1999.
- CHEN, S. et al. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal supplementation on growth performance, morphological indexes, antioxidant status and resistance to *Streptococcus agalactiae* of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 21, n. 1, p. 29–39, 24 nov. 2020.
- CHEN, Y. et al. Evaluation of pigeon pea leaves (*Cajanus cajan*) replacing alfalfa meal on growth performance, carcass trait, nutrient digestibility, antioxidant capacity and biochemical parameters of rabbits. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 103, n. 5, p. 1265–1273, 2019.
- CHO, C. Y.; KAUSHIK, S. J. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **World Review Nutrition Dietetics**, v. 61, p. 132–172, 1990.
- CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. **Boas Práticas Agrícolas (BPA) de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares**. 1. ed. Curitiba: Instituto Emater, 2013.
- DA, C. T.; LUNDH, T.; LINDBERG, J. E. Evaluation of local feed resources as alternatives to fish meal in terms of growth performance, feed utilisation and biological indices of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. **Aquaculture**, v. 364–365, p. 150–156, 2012.
- DA, C. T.; LUNDH, T.; LINDBERG, J. E. Digestibility of dietary components and amino acids in plant protein feed ingredients in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 619–628, 2013.
- DADA, A. Use of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) leaf powder as feed additive in African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, p. 1–4, 17 set. 2016.

DE, D. et al. Effect of *Leucaena leucocephala* leaf meal in diet of *Liza parsia*. **Indian Journal Animal Nutrition**, v. 29, n. 3, p. 279–283, 2012.

DIAS, P. DA S. et al. Energy and nutrient digestibility from mulberry (*Morus alba*) leaf meal for Nile tilapia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 44, p. 1–6, 8 mar. 2022a.

DIAS, P. DA S. et al. Mulberry leaf meal (*Morus alba*) on the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in growth. **Concilium**, v. 22, n. 3, p. 507–519, 7 maio 2022b.

DIAS, P. S. **Digestibilidade a inclusão da farinha da folha de amoreira (*Morus alba*) em rações para alevinos de tilápia do Nilo**. Palotina: Universidade Federal do Paraná, 2019.

DIENYE, H. E.; OLUMUJI, O. K. Growth performance and haematological responses of African mud catfish *Clarias gariepinus* fed dietary levels of *Moringa oleifera* leaf meal. **Net Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 2, p. 79–88, 11 jun. 2014.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. *Leucena* (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. p. 8, 2010.

EBUKA, I. A. et al. *Moringa oleifera* leaf meal as partial replacement of soybean meal in diets of *Clarias gariepinus* juveniles. **Livestock Research for Rural Development**, 2021.

EGGUM, B. O. The protein quality of cassava leaves. **British Journal of Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 761–768, set. 1970.

EJERE, V. C.; CHIGBOGU, N. R.; NNAMONU, E. I. Evaluation of *Telfairia occidentalis* leaf meal potentials as a possible substitute to fishmeal. 13 dez. 2018.

ELABD, H. et al. Dietary supplementation of *Moringa* leaf meal for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Effect on growth and stress indices. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 45, n. 3, p. 265–271, 1 set. 2019.

ELTAYEB, E. E. et al. Effect of graded substitution levels of pigeon pea (*Cajanus Cajan*) leaf meal for berseem leaf meal on broiler performance. **Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian**, v. 40, n. 2, p. 69–74, 2015.

EUSEBIO, P. S.; COLOSO, R. M.; MAMAUAG, R. E. P. Apparent digestibility of selected ingredients in diets for juvenile grouper, *Epinephelus coioides* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 35, n. 13, p. 1261–1269, 2004.

EUZEBIO, U.; MOREIRA, A. L. C.; TAKAHASHI, R. Relevância da amoreira (*Morus alba* L) para aves, suínos, peixes e equinos: caracterização e composição macromineral das folhas da variedade Miura. **PesquisAgro**, v. 3, n. 1, p. 75–93, 4 ago. 2020.

FAHEEM, M. et al. Dietary *Moringa oleifera* leaf meal induce growth, innate immunity and cytokine expression in grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. **Aquaculture Nutrition**, v. 26, n. 4, p. 1164–1172, 2020.

FASUYI, A. Improving the utilization of *Telfairia occidentalis* leaf meal with cellulase-glucanase-xylanase combination and selected probiotic in broiler diets. **International Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 15, n. 1, p. 10–15, 2021.

FASUYI, A. O.; NONYEREM, A. D. Biochemical, nutritional and haematological implications of *Telfairia occidentalis* leaf meal as protein supplement in broiler starter diets. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 8, 2007.

FERREIRA, P. M. P. et al. Moringa oleifera: bioactive compounds and nutritional potential. **Revista de Nutrição**, v. 21, p. 431–437, ago. 2008.

FONSECA, A. S.; FONSECA, T. C. **Cultura da amoreira e criação do bicho-da-seda**. São Paulo: Nobel, 1988.

FRACALOSSI, D. M. Técnicas experimentais em nutrição de peixes. Em: **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática: Fracalossi, D.M; CYRINO, J. E. P., 2012. v. 1p. 37–63.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, n. 3, p. 197–227, 1 ago. 2001.

FREITAS, L. E. L. DE. **Relação energia/proteína em dietas práticas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*): digestibilidade e desempenho**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

GANZON-NARET, E. S. Utilization of Moringa oleifera leaf meals as plant protein sources at different inclusion levels in fish meal based diets fed to *Lates calcarifer*. v. 6, n. 2, p. 10, 2014.

GARCIA, G. W. et al. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 29–41, 1 jul. 1996.

GARG, C. K. et al. Effect of dietary *Houttuynia cordata* leaf meal and leaf extract on the growth performance, nutrient utilization and expression of IGF-I gene in *Labeo rohita*. **Aquaculture Nutrition**, v. 25, n. 3, p. 702–711, 2019.

GATLIN III, D. M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 6, p. 551–579, 2007.

GBADAMOSI, O. K.; OSUNGBEMIRO, N. R. **Growth and nutritional performance of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fed varying inclusion levels of dietary Moringa oleifera leaf meal**.

GOPALAKRISHNAN, L.; DORIYA, K.; KUMAR, D. S. Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. **Food Science and Human Wellness**, v. 5, n. 2, p. 49–56, 1 jun. 2016.

HEMRE, G.-I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 175–194, 2002.

HISANO, H. et al. Composição bromatológica e digestibilidade aparente da parte aérea seca da mandioca na alimentação de tilápias-do-nylo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1119–1123, ago. 2013.

HLOPHE, S.; MOYO, N. Evaluation of kikuyu grass and moringa leaves as protein sources in *Oreochromis mossambicus* diets. **African Journal of Aquatic Science**, v. 39, n. 3, p. 305–312, 3 jul. 2014a.

- HLOPHE, S.; MOYO, N. A. G. Replacing fishmeal with Kikuyu grass and moringa leaves: effects on growth, protein digestibility, histological and haematological parameters in *Clarias gariepinus*. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 14, p. 795–806, 1 set. 2014b.
- HLOPHE, S. N.; MOYO, N. A. G. A comparative study on the use of *Pennisetum clandestinum* and *Moringa oleifera* as protein sources in the diet of the herbivorous *Tilapia rendalli*. **Aquaculture International**, v. 22, n. 4, p. 1245–1262, 1 ago. 2014c.
- HLOPHE-GININDZA, S. N.; MOYO, N. A. G. The effect of replacing fishmeal with kikuyu leaf meal on the activity of digestive enzymes and growth in *Tilapia rendalli*, *Oreochromis mossambicus* and *Clarias gariepinus*. **Indian Journal of Animal Research**, n. of, 15 dez. 2018.
- HOU, Q. et al. Lipid metabolism responses of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to mulberry leaf meal in diet. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 2, p. 719–727, 2019.
- HUSSAIN, S. M. et al. Replacement of Fish Meal with *Moringa oleifera* Leaf Meal (MOLM) and its Effect on Growth Performance and Nutrient Digestibility in *Labeo rohita* Fingerlings. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 50, n. 5, ago. 2018.
- IDOWU, T. A.; DENHAM, S. A.; ADEDEJI, H. A. Growth performance and hematological indices of *Clarias gariepinus* (Burchel, 1822) fingerlings fed varying levels of *Telfairia occidentalis* leaf meal additives. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, p. 442–445, 2019.
- ISHIDA, H. et al. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* poir). **Food Chemistry**, v. 68, n. 3, p. 359–367, 15 fev. 2000.
- JARDIM, F. C. et al. Avaliação antioxidante de *Pereskia aculeata* mill in natura, seca à sombra e ao sol / Antioxidant evaluation of *Pereskia aculeata* mill in natura, dried in the shade and in the sun. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 89906–89925, 15 set. 2021.
- JAYANT, M. et al. Nutritional evaluation of fermented sweet potato leaf meal as a replacer of deoiled rice bran in the diet of *labeo rohita* fingerlings. 11 fev. 2020.
- JESUS, L. S. F. et al. Farelos da vagem da algaroba e da folha da mandioca em rações para juvenis de tilápia do Nilo mantidos em água salobra. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, 2011.
- KARINA, S. et al. Replacement of soybean meal with *Moringa oleifera* leaf meal in the formulated diets of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Aquaculture, Aquarium, Conservation e Legislation - International Journal of the Bioflux**, v. 8, p. 790–795, 1 out. 2015.
- KASIGA, T. et al. Effects of reduced soybean-meal diets containing *Moringa oleifera* or *Leucaena leucocephala* leaf meals on growth performance, plasma lysozyme, and total intestinal proteolytic enzyme activity of juvenile Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, in outdoor tanks. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, 2014.
- KAVIRAJ, A. et al. Impact of fermented mulberry leaf and fish offal in diet formulation of indian major carp (*Labeo rohita*). **Proceedings of the Zoological Society**, v. 66, n. 1, p. 64–73, 2013.
- KIM, B. N.; YANG, J. L.; SONG, Y. S. Funções fisiológicas de chongkukjang. *Food and Nutrion*. v. 4, p. 40–46, 1999.

KNIPLING, E. B.; WEST, S. H.; HALLER, W. T. Growth characteristics, yield potential, and nutritive content of water hyacinths. **Proceedings, Soil and Crop Science Society of Florida**, v. 30, p. 51–63, 1970.

KONYEME, J. E.; SOGBESAN, O.; UGWUMBA, A. Nutritive value and utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) meal as plant protein supplement in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (Pisces: Clariidae) fingerlings. **Afr. Sci.**, v. 7, p. 127–133, 1 jan. 2006.

LATEEF, T. et al. Effect of moringa leaf meal supplementation on haematological and serum biochemical profile of broiler chicken. **Indian Journal of Animal Nutrition**, v. 33, p. 75, 1 jan. 2016.

LAWAL, M. O. et al. The nutritive values of the leaf meal and leaf protein concentrate of some tropical weeds. **West African Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 1, n. 1, p. 10–16, 24 set. 2020.

LOCHMANN, R. et al. Effects of dietary sweet potato leaf meal on the growth, non-specific immune responses, total phenols and antioxidant capacity in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 6, p. 1365–1369, 2012.

MADALLA, N.; AGBO, N. W.; JAUNCEY, K. Evaluation of aqueous extracted moringa leaf meal as a protein source for Nile tilapia juveniles. **Tanzania Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 1, 2013.

MADALLA, N.; AGBO, N. W.; JAUNCEY, K. Evaluation of ground - Sundried cassava leaf meal as protein source for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L) juvenile's diet. **Tanzania Journal of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 1, 2016.

MAHMOOD, S. et al. Evaluation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) supplemented diets on the growth, digestibility and histology of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fingerlings. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, p. 24–28, 19 nov. 2018.

MAITI, M. K. et al. Optimum utilization of *Hygrophila spinosa* leaf meal in the diet of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings. **Aquaculture Reports**, v. 15, p. 100213, 1 nov. 2019.

MAJUMDAR, B. N.; MOMIN, S. A.; KEHAR, N. D. Studies on tree leaves as cattle fodder. 1. Chemical composition as affected by the stage of growth. **Indian Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry**, v. 37, p. 217–223, 1967.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 211–228, 1 dez. 1996.

MASOOD, D. et al. Effect of substituting soybean meal with *Moringa oleifera* meal on the growth and body composition of *Labeo rohita* fingerlings. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 52, n. 5, 2020.

MCGOOGAN, B. B.; REIGH, R. C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, v. 141, n. 3, p. 233–244, 31 maio 1996.

MEDEIROS, R. M. L.; SABAA SRUR, A. U. O.; ROQUETTE PINTO, C. L. Estudo da biomassa de aguapé, para a produção do seu concentrado protéico. **Food Science and Technology**, v. 19, p. 226–230, maio 1999.

MEHDI, H. et al. Effect of *Moringa oleifera* meal on the growth, body composition and nutrient digestibility of *Labeo rohita*. **International Journal of Biosciences**, v. 8, p. 11–17, 1 abr. 2016.

MESHAM, S. et al. Replacement of de-oiled rice bran by soaked and fermented sweet potato leaf meal: Effect on growth performance, body composition and expression of insulin-like growth factor 1 in Labeo rohita (Hamilton), fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 8, p. 2741–2750, 2018.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Crude Fiber for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) Fingerlings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 256–261, abr. 2003.

MIAO, L. et al. Interactive effects of mulberry leaf meal and bamboo charcoal additive on growth performance, anti-oxidant capacity, and disease resistance of genetically improved farmed tilapia (GIFT) juvenile (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100483, 1 nov. 2020.

MIRANDA, J. E.; BONACIN, G. A.; TAKAHASHI, R. Produção e qualidade de folhas de amoreira em função da época do ano e de colheita. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 499–504, set. 2002.

MONDAL, K.; KAVIRAJ, A.; MUKHOPADHYAY, P. K. Introducing mulberry leaf meal along with fish offal meal in the diet of freshwater catfish, *Heteropneustes fossilis*. **Electronic Journal of Biology**, 2011.

MONDAL, K.; KAVIRAJ, A.; MUKHOPADHYAY, P. K. Effects of partial replacement of fishmeal in the diet by mulberry leaf meal on growth performance and digestive enzyme activities of Indian minor carp *Labeo bata*. **Int. J. of Aquatic Science**, v. 3, n. 1, p. 72–83, 1 jan. 2012.

MONDAL, K.; KAVIRAJ, A.; MUKHOPADHYAY, P. K. Growth performance of indian minor carp *Labeo bata* fed varying inclusions of fermented fish-offal and mulberry leaf meal based-diets. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 14, n. 3, p. 567–582, 2015.

NASEEM, S. et al. Perspectives on utilization of macrophytes as feed ingredient for fish in future aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 1, p. 282–300, 2020.

NCHA, O. S. et al. Effect of diets with moringa leaf meal on growth, carcass composition and haematology of *Clarias gariepinus*. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 3, n. 2, p. 397–401, 2015.

NG, W. K.; WEE, K. L. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 83, n. 1–2, p. 45–58, dez. 1989.

OCHOKWU, I. J.; TAIWO, M. A.; BASHIR, S. Y. Haematological indices and carcass composition of african aatfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings fed with fluted pumpkin leaf (*Telfairia Occidentalis*) as feed additives. **Nigerian Journal of Biotechnology**, v. 38, n. 1, p. 83–90, 27 jul. 2021.

OLIVEIRA, V. T. N. DE. **Digestibilidade aparente da proteína e energia de alimentos alternativos para a tambatinga**. Janaúba: Universidade Estadual de Montes Claros, 2017.

OLSEN, R. L.; HASAN, M. R. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. **Trends in Food Science e Technology**, v. 27, n. 2, p. 120–128, 1 out. 2012.

OLUSOLA, S.; OLAIFA, F. Evaluation of some edible leaves as potential feed ingredients in aquatic animal nutrition and health. **Journal of Fisheries**, v. 6, p. 569, 8 mar. 2018.

OYEYINKA, A. T.; OYEYINKA, S. A. Moringa oleifera as a food fortificant: Recent trends and prospects. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 2, p. 127–136, 1 abr. 2018.

- OZOVEHE, B. N. Growth performance, haematological indices and some biochemical enzymes of juveniles *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fed varying levels of *Moringa oleifera* leaf meal diet. **Journal of Aquaculture Research e Development**, v. 04, n. 02, 2013.
- PEREIRA JUNIOR, G. et al. Farinha de folha de leucena (*Leucaena leucocephala* Lam. de wit) como fonte de proteína para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818). **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 227–234, jun. 2013.
- PEZZATO, L. E. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 329–337, 2004.
- PRATES, H. T. et al. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 909–914, maio 2000.
- PUYCHA, K. et al. Effect of moringa (*Moringa oleifera*) leaf supplementation on growth performance and feed utilization of Bocourti's catfish (*Pangasius bocourti*). **Agriculture and Natural Resources**, v. 51, n. 4, p. 286–291, 1 ago. 2017.
- QI, X.-L. et al. Solvent-free microwave extraction of essential oil from pigeon pea leaves [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] and evaluation of its antimicrobial activity. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 322–328, 1 jul. 2014.
- RANI, S. et al. Influence of inclusion of pigeon pea (*Cajanus cajan*) leafmeal on growth, physio-metabolic and immune parameters, and expression of IGF-1, IGF-1R and IGFBP-1 genes in *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 5, p. 1977–1994, 2020.
- RAVINDRAN, V. Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, p. 141–150, 1 jan. 1993.
- RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E. T.; RAJAGURU, A. S. B. Influence of processing methods and storage time on the cyanide potential of cassava leaf meal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 17, n. 4, p. 227–234, 1 jul. 1987.
- RICHTER, N.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v. 217, n. 1, p. 599–611, 17 mar. 2003.
- SAENTHAWEESUK, S. Effect of dietary supplementation of mulberry (*Morus alba* L.) leaf powder in place of antibiotic in feed ration to improve growth performance, meat quality and production of broiler chicken. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University**, v. 28, n. 3, p. 285–290, 2009.
- SAHA, S.; RAY, A. K. Evaluation of nutritive value of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaf meal in compound diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings after fermentation with two bacterial strains isolated from fish gut. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 11, n. 2, 1 abr. 2011.
- SAHOO, S. et al. Dietary optimisation of black gram (*Vigna mungo*) leaf meal as substitute for deoiled rice bran in the diet of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings. **Indian Journal of Fisheries**, v. 67, 31 dez. 2020.

- SANTOS, E. et al. Digestibilidade de subprodutos da mandioca para a Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, 4 mar. 2009.
- SANTOS, E. L. et al. Digestibilidade de subprodutos da mandioca para a tilápia do Nilo - DOI:10.5039/agraria.v4i3a20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 4, n. 3, p. 358–362, 30 jun. 2015.
- SARKER, M. A.-A. et al. Incorporation of water hyacinth, Eichhornia crassipes meal in aqua-feed and its efficacy on growth performance of roho labeo, Labeo rohita (Hamilton, 1822) reared in cagev. **International Journal of Aquaculture and Fishery Sciences**, v. 6, n. 2, p. 043–049, 28 maio 2020.
- SEGUNDO, L. F. DE F.; ARARIPE, M. DE N. B. DE A.; LOPES, J. B. Substituição do farelo de soja pelo feno de leucena na alimentação de alevinos de tilápia. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 8, n. 2, 2006.
- SENA, M. F. et al. Mesquite bean and cassava leaf in diets for Nile tilapia in growth. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 3, p. 231–237, 11 maio 2012.
- SHAHZAD, U. et al. Genetic diversity and population structure of Moringa oleifera. **Conservation Genetics**, v. 14, n. 6, p. 1161–1172, 1 dez. 2013.
- SHEIKHLAR, A. et al. White mulberry (Morus alba) foliage methanolic extract can alleviate Aeromonas hydrophila infection in african catfish (Clarias gariepinus). **The Scientific World Journal**, v. 14, 1 jan. 2014.
- SHERIF, A.; EL-GAMAL, A.; ELGAMAL, A. Incorporation of Moringa oleifera leaf in Nile tilapia Oreochromis niloticus diet and its effect on growth performance and immune status. 2014.
- SILVA, L. X. DA et al. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de plantio de leucena e sábia no estado de Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 31, p. 427–435, 2007.
- SOARES, E. et al. Polyculture of curimatã-pacu (Prochilodus argenteus) and canela shrimp (Macrobrachium acanthurus) feed with dehydrated cassava leaf meal. **Latin american journal of aquatic research**, v. 47, n. 1, p. 27–33, mar. 2019.
- SOARES, K. J. A. **Valor nutricional de alimentos alternativos para tambaqui (Colossoma macropomum)**. Chapadinha: Federal do Maranhão, 2016.
- SOLIVA, C. R. et al. Feeding value of whole and extracted Moringa oleifera leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, v. 118, n. 1, p. 47–62, 3 jan. 2005.
- SOTOLU, A. O.; SULE, S. O. Digestibility and performance of water hyacinth meal in the diets of African Catfish (Clarias gariepinus; Burchell, 1822). **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 14, 11 nov. 2010.
- SRIVASTAVA, S. et al. Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (Morus alba). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 57, n. 5–6, p. 305–313, 1 jan. 2006.
- SUNITHA, S. et al. Effect of pruning on cassava stem, foliage and tuber yield. **Journal of Root Crops**, v. 41, n. 2, p. 36–41, 2015.

- TABASSUM, S. et al. Partial replacement of fish meal with *Moringa oleifera* leaf meal in practical diets of *Cirrhinus mrigala* fingerlings. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 27 ago. 2021.
- TANG, X. et al. Effects of mulberry (*L.*) leaf extracts on growth, immune response, and antioxidant functions in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Annals of Animal Science**, v. 22, n. 1, p. 349–369, 31 dez. 2021.
- TIAMIYU, L. O.; OKOMODA, V. T.; AGBO, A. O. Nutritional suitability of leucaena leaf meal in the diet of *Clarias Gariepinus*. **Journal of FisheriesSciences.com**, p. 6, 2015.
- TIQUE, J.; CHAVES, B.; ZURITA, J. H. Evaluación agronómica de diez clones promisorios CIP y dos materiales nativos de *Ipomoea batatas* L. **Agronomía Colombiana**, v. 27, n. 2, p. 151–158, ago. 2009.
- TRAM, N. D. Q. et al. A comparative study on the apparent digestibility of selected feedstuffs in hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 2, p. e636–e643, 2011.
- VHANALAKAR, DR. S.; MULEY, D. Effect of dietary incorporation of *Gliricidia maculata* leaf meal on growth and feed utilization of *Cirrhinus mrigala* fingerlings. **Global Journal of Science Research**, v. 14, n. 1, 1 jan. 2014.
- WEE, K. L.; WANG, S.-S. Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 62, n. 2, p. 97–108, 1 maio 1987.
- WOLVERTON, B. C.; MCDONALD, R. C. The water hyacinth: from prolific pest to potential provider. **Ambio**, v. 8, n. 1, p. 2–9, 1979.
- WU, N. et al. Antioxidant activities of extracts and main components of pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] leaves. **Molecules**, v. 14, n. 3, p. 1032–1043, mar. 2009.
- YANG, Y. et al. The latest review on the polyphenols and their bioactivities of Chinese *Morus* plants. **Journal of Asian Natural Products Research**, v. 16, n. 6, p. 690–702, 3 jun. 2014.
- YILMAZ, S.; ERGÜN, S. Chickweed (*Stellaria media*) leaf meal as a feed ingredient for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Journal of Applied Aquaculture**, v. 25, p. 329–336, 9 dez. 2013.
- YUANGSOI, B.; MASUMOTO, T. Replacing moringa leaf (*Moringa oleifera*) partially by protein replacement in soybean meal of fancy carp (*Cyprinus carpio*). **Songklanakarin J. Sci. Technol.**, v. 34, p. 479–485, 1 set. 2012.
- ZAPATA-CAMPOS, C. C. et al. Chemical composition and nutritional value of leaves and pods of *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata* and *Acacia farnesiana* in a xerophilous shrubland. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 723–730, 8 nov. 2020.
- ZHANG, X. et al. Effects of dietary fish meal replacement by fermented moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves on growth performance, nonspecific immunity and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio* var. CAS III). **Fish e Shellfish Immunology**, v. 102, p. 430–439, 1 jul. 2020.
- ZHU, W. et al. Effects of fermented mulberry leaves on growth, serum antioxidant capacity, digestive enzyme activities and microbial compositions of the intestine in crucian (*Carassius carassius*). **Aquaculture Research**, v. 52, n. 12, p. 6356–6366, dez. 2021.
- ZU, Y. et al. Simultaneous determination of four flavonoids in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] leaves using RP-LC-DAD. **Chromatographia**, v. 63, n. 9, p. 499–505, 1 maio 2006.

ÉMERSON JOSÉ ALVES MATOS - Possui graduação em Zootecnia pela Universidade Federal do Vale do São Francisco (2016), mestrado em Zootecnia pela Universidade Federal do Ceará (2021), atualmente é doutorando no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Paraná. Tem experiência em melhoramento genético e nutrição animal.

<https://orcid.org/0000-0002-4918-722X>

ELISABETH CRISCUOLO URBINATI - Possui graduação em Ciências Biológicas - Modalidade Médica pela Universidade de São Paulo (1974), mestrado em Fisiologia pela Faculdade de Medicina/USP, Ribeirão Preto-SP (1978), doutorado em Fisiologia pela Universidade de São Paulo (1986), pós-doutorado em Endocrinologia de Peixes, na School of Fisheries, University of Washington, EUA. Tem experiência na área de Recursos Pesqueiros e Engenharia Pesqueira, com ênfase em Endocrinologia e metabolismo de peixes com foco na Piscicultura.

<https://orcid.org/0000-0001-6623-8095>

FÁBIO MEURER - Possui graduação, mestrado e doutorado em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá. É professor titular da Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Coordena o Laboratório de Tecnologia em Aquicultura (LATAq). Atua na área de Nutrição de organismos aquáticos e sistemas de produção aquícola, com destaque para a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e peixes nativos brasileiros.

<https://orcid.org/0000-0002-8389-9888>

This work was supported by Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) by an Institutional Grant (n° 140658/2021-1). The authors thank CNPq for financial support.



PRESENTATION	43
1. INTRODUCTION.....	44
2. BROMATOLOGICAL PLANT LEAF MEAL COMPOSITIONS.....	46
3. PLANT LEAF MEAL PRODUCTIVITY AND MANUFACTURING.....	56
4. PLANT LEAF MEAL IN FISH FEED	58
4.1 Mulberry (<i>Morus alba</i>)	58
4.2 Sweet potato (<i>Ipomoea batatas</i>)	60
4.3 Leucena (<i>Leucaena leucocephala</i>)	61
4.4 Moringa (<i>Moringa oleifera</i>)	62
4.5 Cassava (<i>Manihot esculenta</i>)	64
4.6 Pumpkin (<i>Telfairia occidentalis</i>).....	65
4.7 Pigeon pea (<i>Cajanus cajan</i>).....	66
4.9 Kikuyu grass (<i>Pennisetum clandestinum</i>)	67
4.10 Water hyacinth (<i>Eichhornia crassipes Martius</i>)	67
4.11 Other leaf meals	68
CONCLUSIONS	69
REFERENCES.....	70
ABOUT THE AUTHORS	81

PRESENTATION

The high cost of conventional fish feed ingredients has encouraged the search for viable alternatives. In this regard, studies indicate that leaf meals are among the cheapest sources of vegetable protein and can be used to mitigate this problem. However, although they are nutritionally rich, leaf meals are made up of different nutrients and antinutrients, which favor and limit their use, respectively. Thus, the positive and negative effects of these new ingredients or food additives on fish health and performance, as well as environmental aspects, must be carefully considered for the accurate assessment of nutritional strategies in fish farming activities. In this context, this study aimed to compile data on different leaf meals that are currently employed or that may potentially be incorporated into aquatic feed, as well as their bromatological, digestible values and inclusion levels. Values from fermented leaf meals are also discussed, as this is one of the most employed techniques to reduce the effect of certain antinutrients. Leaf meal display the potential for use as fish feed in partial replacement of traditional ingredients by providing high amounts of nutrients and energy. However, the development of more efficient techniques for inactivating antinutrients could lead to more efficient leaf meals in this regard. Therefore, research maximizing the use of leaf meal in aquatic diets is encouraged.

KEYWORDS: alternative food, aquaculture, plant nutrients, fish farming, artisanal rations, by-product.

INTRODUCTION

The global demand for fish as a protein source has been boosted by exponential human population increases, as well as changes in food preferences (NASEEM et al., 2020). However, increasing fish consumption has led to higher pressures imposed on fish supplies, consequently affecting the availability of fish farming inputs involved.

One of the most important current problems in the aquaculture industry is the high cost of fish feed (ADEWOLU, 2008), as, fish diets are mostly based on animal protein, due to numerous advantages, including high digestibility and the presence of essential amino acids, minerals and fatty acids (OLSEN; HASAN, 2012), leading to food expenses of up to 70% of all operating costs (ALI; KAVIRAJ, 2021).

In place of fish meal and oil, which comprise the main animal ingredients applied in aquaculture activities, nutritionists began using by-products from soy and other legumes in dietary formulations (GATLIN III et al., 2007). However, with the development of advanced processing techniques, the nutritional values of these sources have been improved to the point that they are now considered conventional plant ingredients for use in aquaculture (ADENIJI; FAKOYA; OMAMOHWO, 2007), and expensive for use in aquatic feeds, due to their increasing use as food items for humans and other animals (GATLIN III et al., 2007; HLOPHE; MOYO, 2014b).

Considering the scarcity of conventional dietary ingredients and protein and energy feed sources, viable substitutes are required (ANAND et al., 2020). Leaf meals are among the cheapest vegetable protein sources and can be used to mitigate costs if incorporated adequately in fish diets (BABALOLA; FAKUNMOJU, 2020). This search, which began in the 1980s with the first studies conducted by Wee and Wang (1987) and Ng and Wee (1989), has gained strength and many studies have investigated the potential use of different plants in this regard, such as *Moringa oleífera* (AJITHKUMAR et al., 2021), *Delonix regia* (ADESINA; AGBATAN, 2021), *Leucaena leucocephala* (BABALOLA; FAKUNMOJU, 2020), *Telfairia occidentalis* (IDOWU; DENHAM; ADEDEJI, 2019), *Ipomoea batatas* (AHMAD et al., 2019), *Morus alba* (DIAS et al., 2022b) and *Echhornia crassipes* (AL-GBURI; AL-SHAWI, 2019), reinforcing leaf meal relevance in the current scenario.

Despite the possibilities of using leaf meal in commercial aquaculture activities, their importance in subsistence aquaculture is undeniable. Many leaf meals come from plants that can be easily grown and, thus, can be manufactured by people in food fragility situations, increasing aquaculture productivity through artisanal feed production and promoting greater access to fish as a quality protein source.

One of the negative factors in fish farming comprises environmental water body impacts, whether to rivers that receive the effluents from excavated tanks, or dams and lakes with net-tanks. Impacts arise, among other, from fish feces and metabolic residues, which may be reduced by the provision of nutritionally adequate feed composed of highly

digestible ingredients. Studies concerning feed ingredients are, therefore, required for the development of low environmental impact feed products (FRACALOSS, 2012).

Digestibility is one of the most important aspects when assessing the biological value of food ingredients, providing estimates on nutrient availability (MCGOOGAN; REIGH, 1996), and its determination is the first step in evaluating the potential of an ingredient to be applied in aquaculture feeds (ALLAN et al., 2000). Other features comprise fish size/age (FREITAS, 2015), biological protein value and the availability of non-protein energy sources (HEMRE; MOMMSEN; KROGDAHL, 2002)

According to Ayyat et al.(2021), the positive and negative effects of new ingredients or food additives on fish health and performance and on environmental aspects must be carefully considered in accurate nutritional strategy assessments. Therefore, this study aimed to discuss different leaf meals that are currently or can potentially be incorporated into aquatic feed products, as well as their bromatological and digestible values and inclusion levels.

BROMATOLOGICAL PLANT LEAF MEAL COMPOSITIONS

The amount of leaf meal produced is proportionally related to dry leaf matter and inversely associated to moisture content. These values vary between different plant species, according to the physiological life stage of the plant and the applied cultivar treatments conducted at the harvesting and processing moments, respectively.

Originally from Asia, the mulberry tree (*Morus alba*) has spread to several continents due to its initial use in sericulture and nutritional and pharmacological leaf properties. The proximate composition values of fresh leaves range from 4.72 to 9.96% crude protein, 860 kcal kg⁻¹ energy and 71.13 to 76.68% moisture (SRIVASTAVA et al., 2006). Due to various phytochemical constituents, such as flavonoids and polyphenols, mulberry leaves are also used for medicinal purposes, displaying antibacterial, antihypertensive, antihypoglycemic and antiatherosclerotic effects (MAJUMDAR; MOMIN; KEHAR, 1967; YANG et al., 2014).



Figure 1. Mulberry leaves.

Regarding vitamins, Srivastava et al. (2006) reported variations from 160 to 280 mg 100 g⁻¹ and from 10,000.00 to 14,688.00 µg 100 g⁻¹ ascorbic acid and β-carotene in fresh mulberry leaves, respectively. Concerning minerals, these same authors reported 4.70–10.36 mg 100 g⁻¹ iron, 0.22–1.12 mg 100 g⁻¹ zinc and 380–786 mg 100 g⁻¹ calcium contents. The general chemical composition of mulberry leaf meal is depicted in Table 1.

Table 1. Bromatological composition of mulberry (*Morus alba*) leaf meal. Percentage values (%) based on dry matter.

Dry matter	Crude protein	Gross energy (MJ ⁻¹)	Mineral matter	Fat	Neutral detergent fiber	Crude fiber	References
75.73	24.45	16.68	11.31	2.15	-	-	(DIAS et al., 2022a)
-	17.5	15.42	15.92	6.37	-	7.87	(OLIVEIRA, 2017)
93.98	24.93	7.16	17.24	2.09	36.66	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
92.9	30.91	7.75	16.51	2.56	33.1	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
92.76	20.47	7.75	16.20	2.86	33.86	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
93.92	18.37	4.73	14.59	4.4	29.9	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
94.89	26.53	7.70	16.63	2.41	33.2	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)
94.33	15.31	9.38	16.87	4.93	27.6	-	(SRIVASTAVA et al., 2006)

Cultivated in over 100 countries, the sweet potato (*Ipomoea batatas*) is among the most important food cultivars in tropical regions and its leaves are commonly used for the nutrition of ruminant animals as a source of cheap protein (ADEWOLU, 2008), due to high protein content of about 3.8% *in natura* (ISHIDA et al., 2000) and between 16-29,5% when dried (Table 2). Sweet potatoes also contain high amino acid content, with leucine, valine, arginine, phenylalanine and lysine among the essential amino acids found in higher amounts, at 17.2, 11.5, 11.1, 10.6 and 6.7 g kg⁻¹ dry matter, respectively (DA; LUNDH; LINDBERG, 2013).



Figure 2. Sweet potato leaves.

Mineral content, mainly iron and vitamins like A, B2, C and E are also high in sweet potato leaves compared to other vegetables (AHMAD et al., 2019; ISHIDA et al., 2000).

Table 2. Bromatological composition of sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaf meal. Percentage values (%) based on dry matter.

Dry matter	Crude protein	Gross energy (MJ ⁻¹)	Mineral matter	Fat	Neutral detergent fiber	Crude fiber	References
95.98	23.57	-	11.01	3.07	-	8.28	(ADEWOLU, 2008)
95.57	23.57	-	16.03	3.59	-	15.43	(AHMAD et al., 2019)
-	16.6	14.6	17	2.4	39.7	-	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
82.21	24.85	14.71	11.1	4.9	-	7.2	(ANTIA et al., 2006)
-	24.65	-	11.47	3.58	-	9.1	(OLUSOLA; OLAIFA, 2018)
91.49	21.47	15.03	10.4	5.1	-	19.43	(JAYANT et al., 2020)
-	23.9	-	10.17	5.55	-	8.3	(MESHRAM et al., 2018)
-	29.5	-	14.57	2.56	-	-	(ISHIDA et al., 2000)
-	24.5	-	10.13	6.82	-	-	(ISHIDA et al., 2000)

Leucaena (*Leucaena leucocephala*) is a native Mexican *Mimosaceae* family member currently found in tropical regions worldwide (SILVA et al., 2007). Due to its deep roots, this perennial shrub is quite drought tolerant (PRATES et al., 2000) and is, therefore, frequently used in animal feed for ruminants and birds in semi-arid regions, where plant production is limited. In addition, dried leaves contain over 20% protein content (BAIRAGI et al., 2004) making them a cheap nutrient source (Table 3).

Table 3. Bromatological composition of leucaena (*Leucaena leucocephala*) leaf meal. Percentage values (%) based on dry matter.

Dry matter	Crude protein	Gross energy (MJ ⁻¹)	Mineral matter	Fat	Neutral detergent fiber	Crude fiber	References
92.5	29.2	-	10.5	2.05	-	19.2	(BABALOLA; FAKUNMOJU, 2020)
90.3	21	-	6.1	3.5	-	12	(PEREIRA JUNIOR et al., 2013)
90.6	21.37	-	9.2	7.34	46.59	15.5	(EUSEBIO; COLOSO; MAMAUAG, 2004)
90.12	25.48	22.39	6.62	3.86	25.23	9.66	(SOARES, 2016)
91.97	28.26	20.33	8.43	3.21	-	-	(ARAÚJO et al., 2012)
91	32.6	16.75	4	6.8	-	-	(PEZZATO et al., 2004)
92.65	20.35	16.74	8.45	5.35	-	6.15	(BAIRAGI et al., 2004)
91	25.4	14.28	9.9	8.2	-	14.9	(KASIGA et al., 2014)
87.59	29.4	-	6.1	2.3	-	11.5	(LAWAL et al., 2020)

Leucena leaves contain appreciable amounts of essential and non-essential amino acids comparable to some animal and common legume proteins, at 12.38% phenylalanine-tyrosine, 9.72% leucine, 6.05% lysine and 6.02% valine (AGBO, 2020). Among minerals, Zapata-Campos et al. (2020) highlighted the macrominerals calcium (6.2), potassium (5.5) and magnesium (1.9 g kg⁻¹), as well as the microminerals zinc (58), manganese (44), iron (12.7) and copper (7.2 mg kg⁻¹).



Figure 3. Leucena leaves.

Native to western and sub-Himalayan regions including India, Pakistan, Asia Minor, Africa and Arabia (SHAHZAD et al., 2013), moringa (*Moringa oleifera*) has been widely distributed in other countries in tropical and subtropical regions of the globe (RICHTER; SIDDHURAJU; BECKER, 2003). Moringa is known to contain high protein levels, at about 6.7% in fresh leaves (LATEEF et al., 2016), reaching up to 36% when dry (AYEGBA; AYUBA; ANNUNE, 2016) (Table 4). This species contains several essential amino acids, including methionine, cysteine, tryptophan and lysine (MAKKAR; BECKER, 1996; OYEYINKA; OYEYINKA, 2018), and is, therefore, often compared to soy due to the excellent quality of its protein (FRANCIS; MAKKAR; BECKER, 2001). The meal made from moringa leaves is also a source of carotenoids, linolenic fatty acid (SOLIVA et al., 2005), vitamins C, B (FERREIRA et al., 2008) and minerals such as calcium, copper, iron, zinc and magnesium (GOPALAKRISHNAN; DORIYA; KUMAR, 2016).



Figure 4. Moringa leaves.

Table 4. Bromatological composition of moringa (*Moringa oleifera*) leaf meal. Percentage values (%) based on dry matter.

Dry matter	Crude protein	Gross energy (MJ ⁻¹)	Mineral matter	Fat	Neutral detergent fiber	Crude fiber	References
92.84	27.69	10.01	12.34	6.54	-	7.89	(ARSALAN et al., 2016)
89.16	27.22	-	7.97	8.65	-	4.89	(AJITHKUMAR et al., 2021)
95.8	34.9	20.05	8	5.9	-	7.1	(MADALLA; AGBO; JAUNCEY, 2013)
94.35	36.05	-	12.95	3.84	-	8.53	(AYEGBA; AYUBA; ANNUNE, 2016)
91.81	28.03	-	6.81	2.25	-	18.87	(DIENYE; OLUMUJI, 2014)
92.53	27.14	-	4.23	2.33	-	13.45	(EBUKA et al., 2021)
95	23.56	-	8.71	2.21	-	8.1	(NCHA et al., 2015)
92.78	30.57	-	10.13	9.49	-	10.87	(ABO-STATE et al., 2014)
93.21	26.47	13.77	11.35	5.45	-	7.55	(TABASSUM et al., 2021)
93.36	29.1	-	11.8	8.5	-	8.1	(GANZON-NARET, 2014)
93.8	25	-	8.4	10.6	15.9	7.9	(RICHTER; SIDDHURAJU; BECKER, 2003)
92	32.09	18.3	7.17	1.99	-	10.1	(HLOPHE; MOYO, 2014c)
88.62	26.62	-	12.01	5.34	-	18.97	(OLUSOLA; OLAIFA, 2018)
90.6	30.2	14.28	10	8.4	-	15.2	(KASIGA et al., 2014)

Originally from Latin America, cassava (*M. esculenta*) is a widely cultivated woody perennial shrub, especially noted for its starchy roots (MADALLA; AGBO; JAUNCEY, 2016). Its leaves contain high protein content (14.69-31.1%, Table 5), uncommon in non-legume plants (OLUSOLA; OLAIFA, 2018; SANTOS et al., 2009), and its amino acid profile resembles that of soybean meal, except for being scarce in sulfur-containing amino acids (EGGUM, 1970). Da et al. (2013) quantified the content of nine essential amino acids in cassava leaf meal and reported leucine (17.5 g kg⁻¹), arginine (13.7 g kg⁻¹) and valine (10.8 g kg⁻¹) in higher amounts, based on dry matter. Regarding micronutrients, Ravindran and Velmurugu (1993) highlighted that cassava leaves are excellent sources of vitamins (C, A and B2) and minerals (iron, manganese and zinc).



Figure 5. Cassava leaves.

Table 5. Bromatological composition of cassava (*Manihot esculenta*) leaf meal. Percentage values (%) based on dry matter.

Dry matter	Crude protein	Gross energy (MJ ⁻¹)	Mineral matter	Fat	Neutral detergent fiber	Crude fiber	Acid detergent fiber	References
92.03	20.97	21.75	6.41	5.35	38.07	10.92	21.26	(SOARES, 2016)
95.94	28.79	19.66	5.64	5.02	-	13.01	-	(MADALLA; AGBO; JAUNCEY, 2016)
92.74	21.87	19.43	6.5	-	38.38	24.5	25.29	(BRAGA et al., 2010)
97.02	18.2	20.08	6.66	13.05	-	15.06	-	(CARVALHO et al., 2012)
86.76	31.1	21.86	9.77	6.7	-	16.45	-	(SANTOS et al., 2009)
-	27.6	20.7	7.6	4.9	43	15	-	(TRAM et al., 2011)
-	14.69	-	16.07	8.9	-	15.63	-	(OLUSOLA; OLAIFA, 2018)
-	22.3	18.9	9.7	6.5	33.9	-	-	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
91.98	18.92	20.20	7.46	4.97	-	-	-	(ARAÚJO et al., 2012)
-	22.3	18.9	9.7	6.5	-	14.5	-	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2012)

Similar to cassava, whose roots are the main product for human consumption and whose leaves can be used in animal feed, pumpkin (*Telfairia occidentalis*) is widely cultivated for human consumption, and its leaves can also be used in the production of meal for subsequent inclusion in aquatic feed products. According to Ajibade, Balogun, Afolabi and Mojisola (2006) pumpkin leaves are rich in protein, ether extract, vitamins (A, B9, C and K), minerals (calcium, zinc, potassium, cobalt, copper, iron) and low in crude fiber (Table 6). They also contain active bioflavonoids capable of promoting plant and bird growth (FASUYI; NONYEREM, 2007), displaying potentially similar effects on fish (DADA, 2016).



Figure 6. Pumpkin leaves and fruit.

Table 6. Bromatological composition of pumpkin (*Telfairia occidentalis*) leaf meal. Percentage values (%) based on dry matter.

Dry matter	Crude protein	Gross energy (MJ ⁻¹)	Mineral matter	Fat	Crude fiber	References
95.52	25.66	-	2.84	6.84	2.34	(EJERE; CHIGBOGU; NNAMONU, 2018)
-	21.17	-	13.86	12.94	12.79	(OLUSOLA; OLAIFA, 2018)
90.96	35.14	13.44	10.87	9.61	12.68	(FASUYI, 2021)
91.5	24.39	-	-	3.2	14.33	(OCHOKWU; TAIWO; BASHIR, 2021)

Based on accessibility, local availability and suitable nutritional profile (Table 7), pigeon pea (*Cajanus cajan*) leaves have been recognized as a potential protein source for aquatic feed formulation (RANI et al., 2020). Its main bioactive compounds are flavonoids and stilbenes, which display antioxidant (WU et al., 2009), antimicrobial (QI et al., 2014), anti-inflammatory, antiviral and antitumoral (ZU et al., 2006) activities.

Table 7. Bromatological composition of pigeon pea (*Cajanus cajan*) leaf meal. Percentage values (%) based on dry matter.

Dry matter	Crude protein	Gross energy (MJ ⁻¹)	Mineral matter	Fat	Crude fiber	References
97.73	16.59	6.8	9.34	1.32	38.4	(ELTAYEB et al., 2015)
93.32	19.78	13.98	9.19	8.43	9.06	(BAG et al., 2012a)
95.2	19.97	-	7.65	3.23	16.55	(RANI et al., 2020)
-	24.2	-	7.05	4.34	17.8	(CHEN et al., 2019)



Figure 7. Pigeon pea leaves.

The water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is a freshwater aquatic plant capable of exponentially increasing its biomass, and therefore categorized as a weed (CENTER et al., 1999). According to Knipling, West and Haller (1970) this plant displays the ability to incorporate high amounts of nutrients into its tissues, resulting in an interesting chemical composition that can be used as raw material to produce artisanal feed products, as reported by Wolverton and McDonald (1979). High protein and ash levels, 24.13 and 13.22%, respectively, were reported by Medeiros, Sabaa Srur and Roquette Pinto (1999) for water hyacinth leaves (Table 8). The authors also highlighted the mineral composition of the plant (leaves + petiole), comprising the macrominerals phosphorus (17.6 g kg⁻¹), magnesium (4.4 g kg⁻¹), calcium (1.786 g kg⁻¹) and potassium. (0.425 g kg⁻¹), as well as the trace minerals manganese (0.76 mg kg⁻¹), iron (0.6 g kg⁻¹), zinc (35 mg kg⁻¹) and copper (8 mg kg⁻¹).

Table 8. Bromatological composition of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaf meal. Percentage values (%) based on dry matter.

Dry matter	Crude protein	Gross energy (MJ ⁻¹)	Mineral matter	Fat	Crude fiber	References
92.3	13.2	18.14	5.32	5.5	27	(BIUDES; PEZZATO; CAMARGO, 2009)
-	13.37	14.22	17	1	15	(SAHA; RAY, 2011)
89.5	13.57	12,95	2.71	4.49	21.6	(KONYEME; SOGBESAN; UGWUMBA, 2006)
-	11.85	-	-	1.16	13.73	(MAHMOOD et al., 2018)
93.04	24.13	-	13.22	1.92	17.89	(MEDEIROS; SABAA SRUR; ROQUETTE PINTO, 1999)



Figure 8. Water hyacinth.

PLANT LEAF MEAL PRODUCTIVITY AND MANUFACTURING

The productive potential of plants varies depending on the species, variety, soil fertility, fertilization, cultural care and local climatic conditions (FONSECA; FONSECA, 1988). Miranda, Bonacin, and Takahashi (2002) evaluated the productivity of mulberry (*Morus alba* L.) leaves during four different periods (40, 60, 75 and 90 days after pruning) and reported that leaf mass productivity was higher after 75 days, especially in the spring and in the summer, reaching up to 20,000 kg ha⁻¹ of green matter (FONSECA; FONSECA, 1988).

Leucena, another high nutritional value foraging plant, reaches an annual production between 1,250 and 11,600 kg ha⁻¹ dry biomass consisting of leaves and thin stems, which may vary regionally (DRUMOND; RIBASKI, 2010). According to Garcia, Ferguson, Neckles and Archibald (1996) the ideal harvest interval or age at harvest should be around 8 weeks or just before flowering begins. This species requires long, warm, wet growing seasons, with the greatest growth obtained under full sun conditions. This species is found naturally at altitudes below 500 m and its growth rate is slower at higher altitudes (AGANGA; TSHWENYANE, 2003).

Cassava (*Manihot esculenta*) is commonly grown for root and/or leaf consumption, and less commonly for the exclusive cultivation of leaves for foraging purposes. Sunitha, Ravindran, George and Sreekumar (2015) studied the effect of pruning at different periods (no pruning, pruning at 3 months and pruning at 3 and 6 months) on cassava leaf mass and tuber production and reported that a single pruning during the 3rd month resulted in maximum foliage and root yield at 12 months. The annual leaf mass production in that study ranged from 2,570 to 13,960 kg ha⁻¹ fresh leaves.

Ravindran and Velmurugu (1993) highlights that, for foraging purposes, it is possible to increase leaf mass productivity per area, increasing plant density up to 60,000 plants ha⁻¹) and decreasing the harvest frequency, with the first harvest from 4 months of age in a 60-75 day cycle. Under such conditions, annual yields above 21,000 kg ha⁻¹ dry leaf matter can be obtained.

Tique, Chaves and Zurita (2009) evaluated the average yield of fresh leaves of seven varieties of sweet potato (*Ipomoea batatas*), after 90 days of planting in two cropping cycles, reporting yields ranging from 20,724 to 48,015 kg ha⁻¹. Fresh leaf dry matter averages from 10 to 20%.

The harvest of leaves used in meal production must follow hygienic and quality principles similar to those adopted in the harvest of medicinal plants. It is important to avoid harvesting after long rainy periods, as moisture content can interfere with nutritional contents and active principles, in addition to making drying difficult and increasing the possibility of fungi appearance (CORRÊA JUNIOR; SCHEFFER, 2013). The drying process can take place either with the aid of a drying oven (EUZEBIO; MOREIRA; TAKAHASHI, 2020),

common in universities and research centers, or naturally, in the sun or shade (JARDIM et al., 2021). For the sun-drying process, the plant mass, made up of petioles and leaves, must be crushed and spread on a plastic canvas and turned over every four hours until it reaches the haying point, with humidity content ranging between 10 to 15%. Regarding drying in the shade, the crushed plants are placed on canvas in a covered and ventilated environment for dehydration at room temperature (HISANO et al., 2013). The drying time depends on air flow, temperature, and relative humidity. The higher the temperature and the greater the airflow, the faster the drying (CORRÊA JUNIOR; SCHEFFER, 2013). At the end of this process, the dehydrated biomass must be passed through a 0.5 mm sieve, to obtain the leaf meal. If drying is carried out in an air circulation oven, the first crushing process is dispensed with (Figure 9).



Figure 9: Ora-pro-nóbis leaves before the drying process in a recirculation oven, leaves attached to the branches (left side) and leaves after the drying process, only leaves and petioles (right side).

PLANT LEAF MEAL IN FISH FEED

4.1 MULBERRY (*MORUS ALBA*)

In addition to the use of mulberry leaves as fodder for terrestrial animals, such as rabbits (BAMIKOLE et al., 2005) and broilers (SAENTHAWEESUK, 2009), some studies have evaluated its use in the diets of different fish species, such as rohu carp (*Labeo rohita*) (ALI; SAHA; KAVIRAJ, 2019), common carp (*Cyprinus carpio*) (HOU et al., 2019), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (DIAS et al., 2022b) and Australian catfish (*Heteropneustes fossilis*) (BAG et al., 2012a).

However, only two studies are available concerning the digestibility values of mulberry leaves used as fish feed, for tambatinga (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*), by Oliveira (2017), and Nile tilapia, by Dias et al. (2022a) (Table 9). However, several studies have evaluated the effects of mulberry leaf nutrients on fish growth, immune system, and antioxidant responses and on fish metabolism (SHEIKHLAR et al., 2014; TANG et al., 2021; ZHU et al., 2021).

Table 9. Digestible values of energy and nutrients of different leaf meal suggested for different fish species.

Leaf meal	Digestible protein (%)	Digestible energy (MJ ⁻¹)	Apparent digestibility coefficients (%)			Species	References
			Crude protein	Crude energy	Average weight (g)		
Eichhornia crassipes	9.5	11.25	13.14	-	125.5 ± 10.5	<i>O. niloticus</i>	(BIUDES; PEZZATO; CAMARGO, 2009)
Ipomoea batatas	11.92	11.52	71.8	78.9	8.5 ± 0.3	<i>P. hypophthalmus</i>	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
	16.83	-	78.8	-	3.7	<i>E. coioides</i>	(EUSEBIO; COLOSO; MAMAUAG, 2004)
Leucaena leucocephala	19.05	6.70	74.77	29.91	165	<i>C. macropomum</i>	(SOARES, 2016)
	20.34	4.07	71.72	30.3	37.86±1.26	<i>O. niloticus</i>	(ARAÚJO et al., 2012)
	3.97	4.65	21.07	23.04	37.86±1.26	<i>O. niloticus</i>	(ARAÚJO et al., 2012)
	7.67	6.95	36.59	31.97	165	<i>C. macropomum</i>	(SOARES, 2016)
	10.9	5.69	49.83	29.29	40	<i>O. niloticus</i>	(BRAGA et al., 2010)
	13.35	13.00	73.37	64.7	100	<i>O. niloticus</i>	(CARVALHO et al., 2012)
Manihot esculenta	14.18	14.50	63.6	76.7	8.5 ± 0.3	<i>P. hypophthalmus</i>	(DA; LUNDH; LINDBERG, 2013)
	16.48	12.08	53	55.28	20	<i>O. niloticus</i>	(SANTOS et al., 2009)
	19.92	-	72.2	-	1.5	<i>O. niloticus</i>	(TRAM et al., 2011)
	21.66	-	78.5	-	3.9	(<i>C. macrocephalus</i> X <i>C. gariepinus</i>)	(TRAM et al., 2011)

Manihot pseudoglaziovii	10.49	3.33	44.88	17.08	37.86±1.26	<i>O. niloticus</i>	(ARAÚJO et al., 2012)
	20.48	-	75.26	75.72	3.2	<i>P. brachypomus</i>	(AJITHKUMAR et al., 2021)
Moringa oleifera	22	-	80.82	72.9	3.2	<i>L. rohita</i>	(AJITHKUMAR et al., 2021)
	25.7	15.4	89	76.8	4.68 ± 0.34 g	<i>O. niloticus</i>	(MADALLA; AGBO; JAUNCEY, 2013)
						(<i>C. macropomum</i> X <i>P.</i> <i>brachypomum</i>)	(OLIVEIRA, 2017)
Morus alba	11.77	8.73	67.24	56.62	185.4		
	22.94	6.57	94	39	2.74±0.58	<i>O. niloticus</i>	(DIAS et al., 2022a)

Mondal, Kaviraj and Mukhopadhyay (2012), for example, tested the effect of partial replacement of fish meal by mulberry leaf meal on the growth performance and digestive enzyme activities in bata (*Labeo bata*), considering this a viable option as long as dietary fiber content does not exceed 5.63 % of the dietary dry weight. In addition to complex carbohydrates, another limitation concerning the use mulberry leaf meal is due to essential amino acid deficiencies (KAVIRAJ et al., 2013; MONDAL; KAVIRAJ; MUKHOPADHYAY, 2012) and the presence of anti-nutritional factors (ASTUTI; BECKER; RICHTER, 2008). To resolve such limitations, Miao et al. (2020) tested the inclusion of mulberry leaf meal associated with bamboo charcoal (a non-nutritive adsorbent additive), reporting that 30% inclusion of mulberry leaf meal at 0.4% bamboo charcoal can improve the growth performance, hepatic antioxidant capacity and disease appearance in juvenile Nile tilapia belonging to the GIFT strain (Table 10).

Table 10. Levels of inclusion of mulberry leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
18	<i>O. niloticus</i>	50	(DIAS, 2019)
20	<i>O. niloticus</i>	120±35.84	(DIAS et al., 2022b)
30	<i>O. niloticus</i>	9.65±0.40	(MIAO et al., 2020)

Leaf meal fermentation proposes the biological detoxification of agro-industrial and vegetable ingredients and, consequently, the increase of nutrient digestibility and bioavailability (KIM; YANG; SONG, 1999). Adewumi and Ola-Oladimeji (2016) observed no adverse effects of fermented mulberry leaf meal at up to 20% replacement (4.5% inclusion) in fish meal on the growth of juvenile African catfish (*Clarias gariepinus*) (Table 11).

Table 11. Inclusion levels of different fermented leaf meal suggested for different fish species.

Fermented leaf meal	Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
<i>Ipomoea aquatica</i>	40	<i>L. rohita</i> Ham.	6.41±0.32	(BARUAH et al., 2018)
<i>Ipomoea batatas</i>	30	<i>L. rohita</i> Ham.	8±0.02	(JAYANT et al., 2020)
	30	<i>L. rohita</i> Ham.	7.2±0.05	(MESHRAM et al., 2018)
<i>Lemna polyrhiza</i>	30	<i>L. rohita</i> Ham.	6.4±0.31	(BAIRAGI et al., 2002)
<i>Leucaena leucocephala</i>	30	<i>L. rohita</i> Ham.	7.15±0.35	(BAIRAGI et al., 2004)
<i>Moringa oleifera</i>	10	<i>C. auratus gibelio</i>	19.36 ± 0.03	(ZHANG et al., 2020)
	4.5	<i>C. gariepinus</i>	30.2	(ADEWUMI; OLA-OLADIMEJI, 2016)
<i>Morus alba</i>	5	<i>C. carassius</i>	27.35 ± 0.30	(ZHU et al., 2021)
	15	<i>C. carpio</i>	15.9 ± 0.05	(ANAND et al., 2020)

Another solution investigated by many researchers is the use of a fermented mixture (ALI; SAHA; KAVIRAJ, 2019; BAG et al., 2012b; MONDAL; KAVIRAJ; MUKHOPADHYAY, 2011, 2015) prepared from mulberry leaf meal and fish viscera, used successfully by Kaviraj et al. (2013), who replaced up to 80% of fish meal in an *L. rohita* dietary formulations, substantially reducing costs.

4.2 SWEET POTATO (*IPOMOEA BATATAS*)

Similar to other plant-based meals, sweet potato leaves contain high fiber content and several anti-nutritional factors such as phytate, trypsin inhibitor, alkaloid, oxalate, tannin and cyanide (ANTIA et al., 2006). Therefore, the use of this meal should be based on the ability of each species to take advantage of its digestible nutrients. For example, Da et al. (2013) evaluated the digestibility of sweet potato leaf meal in the diet of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings and considered the anti-nutritional effects of this ingredient to be negligible.

According to Lochmann et al. (2012), lipids are the preferred energy source for fish, and sweet potato leaves contain more lipids than wheat bran, dry distillers' grains (DDGs) with corn solubles, corn germ bran, barley bran, tops or beetroot crowns and rice bran. These authors included sweet potato leaf meal as a dietary energy source in the American catfish (*Ictalurus punctatus*) at 23% and did not observe any apparent anti-nutritional effects on growth, health, or survival. Ahmad et al. (2019), on the other hand, substituted 100% of rice bran (30% inclusion) in the diet of rohu carp fingerlings (*Labeo rohita*) and observed no reduction in growth rate and feed consumption, suggesting that sweet potato leaves serve as a protein and energy source and are suitable for dietary fish formulations (Table 12).

Table 12. Levels of inclusion of sweet potato leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
23	<i>I. punctatus</i>	16.1±0.1	(LOCHMANN et al., 2012)
27.3	<i>C. zillii</i>	2.13±0.85	(ADEWOLU, 2008)
30	<i>L. rohita</i> Ham.	4.3±0.2	(NASEEM et al., 2020)

Through solid-state fermentation with the *Chaetomium globosum* fungus, Jayant et al. (2020) observed increased sweet potato leaf meal crude protein from 21.47% to 31.20%, alongside a decrease in crude fiber content, from 19.43% to 7.22%, and anti-nutritional factors such as tannin, phytic acid, trypsin inhibitor, oxalates, alkaloid and hydrogen cyanide (HCN) at up to 64.95%, 57.51%, 15.31%, 37.32%, 50.00% and 61.70%, respectively. Thus, the authors substituted 100% rice bran in the diet of rohu carp fingerlings without any adverse effect on growth performance, feed conversion and total body composition. The same was reported by Meshram et al. (2018), who, in addition to performance, verified the expression of the IGF-1 gene, associated to growth (Table 11).

4.3 LEUCENA (*LEUCAENA LEUCOCEPHALA*)

Despite the different feeding habits of grouper, *Epinephelus coioides*, (carnivore), tambaqui (*Colossoma macropomum*) and Nile tilapia, the apparent digestibility coefficients of leucaena leaf meal protein varied only slightly between species, from 71.72 to 78.8%, and consequently, so did digestible protein values, from 16.83 to 20.34% (Table 9).

Although feed consumption is not affected, De et al. (2012) suggest that non-ruminants generally cannot tolerate diets containing over 10% leucaena on a dry matter basis, as the leaves contain a toxic non-protein amino acid, mimosin (BAIRAGI et al., 2004). However, Segundo, Araripe e Lopes et al. (2006) included 20.56% leucaena leaf meal in Nile tilapia fingerlings diets and did not observe performance decreases for 55 days. Kasiga et al. (2014) included leucaena leaf meal 28.8% and also reported no decreased growth for the same species. Considering that these were the highest levels included in both studies, the maximum level of inclusion of leucaena leaf meal in tilapia diets is still unknown. Inclusion levels higher than the limit suggested by De et al. (2012) have also been reported for other species, such as the African catfish (AMISAH; OTENG; OFORI, 2009; TIAMIYU; OKOMODA; AGBO, 2015) and tambaqui (PEREIRA JUNIOR et al., 2013) (Table 13).

Table 13. Levels of inclusion of leucena leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
7.5	C. zillii	9.5±0.5	(BABALOLA; FAKUNMOJU, 2020)
10	Liza parsia	1.65 ±0.14	(DE et al., 2012)
20	C. gariepinus	40.18±0.51	(AMISAH; OTENG; OFORI, 2009)
20		24.98	(TIAMIYU; OKOMODA; AGBO, 2015)
24	C. macropomum	41.1±4.83	(PEREIRA JUNIOR et al., 2013)
20.26	O. niloticus	10.57±2.55	(SEGUNDO; ARARIPE; LOPES, 2006)
28.8		5.2	(KASIGA et al., 2014)

Bairagi et al. (2004) added two strains of bacteria, *Bacillus subtilis* (common carp isolate), and *Bacillus circulans* (mossambican tilapia isolate, *Oreochromis mossambicus*), to leucaena leaf meal in pelleted feed offered to rohu carp fingerlings. A 30% inclusion provided the best growth performance and feed utilization efficiency (Table 11) and the performance of a group of fish raised on similar levels of raw leucaena leaf meal was lower than that of fish raised on incorporated diets with inoculated leucaena leaf meal. The authors attributed the results to a decrease in anti-nutritional factors (mimosin, tannin and crude fiber) due to the presence of bacteria, and a consequent increase in crude protein, total free amino acids and fatty acids contents.

4.4 MORINGA (*MORINGA OLEIFERA*)

Due to its excellent nutritional values, moringa is seen as a promising alternative for fish feed inclusion, with numerous studies carried out to date for sea bass (*Lates calcarifer*) (GANZON-NARET, 2014), African catfish (*Clarias gariepinus*) (EBUKA et al., 2021), Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (CHEN et al., 2020), panga fish (*Pangasius bocourti*) (PUYCHA et al., 2017), mrigal carp (*Cirrhinus mrigala*) (TABASSUM et al., 2021), common carp (*Cyprinus carpio*) (ADESHINA et al., 2018), rohu carp (*Labeo rohita*) (MASOOD et al., 2020), grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) (FAHEEM et al., 2020) and pirapitinga (*Piaractus brachypomus*) (AJITHKUMAR et al., 2021).

Madalla et al. (2013) evaluated the digestibility of moringa leaf meal in Nile tilapia juveniles and, although high protein (25.7 g kg⁻¹) and digestible energy (3680.68 kcal kg⁻¹) levels were obtained, a performance test demonstrated decreased feed intake with increased inclusion levels. The authors highlighted the presence of anti-nutritional factors, saponins and tannins, as the possible cause for decreased palatability by conferring astringent/bitter flavor to the moringa leaf meal feed (Table 9).

Abo-State et al. (2014) added 8.7%, less than the lowest inclusion level reported by Madalla et al. (2013) and observed no feed rejection for the 75 days of the experiment. Furthermore, Abo-State et al. (2014), Chen et al. (2020), Richter et al. (2003), Kasiga et al. (2014) and Karina et al. (2015) indicate the use of moringa leaf meal at up to 8.7, 10, 12, 24.4 and 16-32% inclusion, respectively, without compromising Nile tilapia fingerling performance (Table 14).

It should be noted that the excellent results observed by Kasiga et al. (2014) and Karina et al. (2015) may not be directly related to leaf meal, since Kasiga et al. (2014) conducted the test in open-air tanks that contained plankton and tilapia are known to consume plankton, thus potentially masking the results of experimental diets. Regarding the diets applied by Karina et al. (2015), although isoproteic, increasing leaf meal amounts were also followed by increasing fish meal amounts, so which ingredient was responsible for the better performance is not clear.

Table 14. Levels of inclusion of moringa leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
2.3	<i>C. gariepinus</i>	11.54 ± 2.1	(GBADAMOSI; OSUNGBEMIRO, 2016)
2.64		4.35±0.06	(AYEGBA; AYUBA; ANNUNE, 2016)
3		9.17 ±0.33	(DIENYE; OLUMUJI, 2014)
3		29.69 ± 0.91	(OZOVEHE, 2013)
7.6		9.14	(EBUKA et al., 2021)
13		1.89±16.1	(NCHA et al., 2015)
8	<i>O. niloticus</i>	3.25	(ABO-STATE et al., 2014)
8.8	<i>C. carpio</i>	18.08±0.26	(YUANGSOI; MASUMOTO, 2012)
10	<i>C. mrigala</i>	6.35 ± 0.04	(TABASSUM et al., 2021)
10	<i>L. rohita</i> Ham.	6.61	(HUSSAIN et al., 2018)
10		5.7	(MEHDI et al., 2016)
10	<i>L. calcarifer</i>	2	(GANZON-NARET, 2014)
10	<i>O. niloticus</i>	4.05±0.05	(CHEN et al., 2020)
10	<i>P. bocourti</i>	3.72 ± 0.06	(PUYCHA et al., 2017)
12	<i>O. niloticus</i>	10.5±2.5	(RICHTER; SIDDHURAJU; BECKER, 2003)
15	<i>C. idella</i>	22.03±1.16	(FAHEEM et al., 2020)
17	<i>C. carpio</i>	8.12±0.21	(ADESHINA et al., 2018)
24.4	<i>O. niloticus</i>	5.2	(KASIGA et al., 2014)
30	<i>L. rohita</i> Ham.	190.25	(MASOOD et al., 2020)
16-32	<i>O. niloticus</i>	1.31±0.26	(KARINA et al., 2015)

Crude protein from moringa leaf meal was also well digested by rohu carp (81%) and pacu (*Piaractus mesopotamicus*) (75%) (AJITHKUMAR et al., 2021), with digestibility coefficients within the range considered high by Cho and Kaushik (1990). These results are supported by Masood et al. (2020), which indicate high levels of inclusion of this meal (20-30%) to promote the growth of carp rohu fingerlings. Unlike the authors above, Mehdi et al. (2016) and Hussain et al. (2018) do not recommend inclusions of over 10%, resulting in decreased consumption and growth due to increased antinutrients.

The levels of inclusion of this meal in the diet of African catfish ranged from 2.3 to 13%. Dienye and Olumuji (2014) and Ozovehe (2013) observed that 10% substitution levels in relation to fishmeal reduced the hematological parameters (mean corpuscular volume, red blood cells and hemoglobin) of African catfish, possibly due to increased fibers and antinutrients. Such limitations may be related to the investigated species, as Adeshina et al. (2018) observed an inverse effect in common carp juveniles, of improved hematological parameters (red blood cells, white blood cells and hemoglobin) in fish supplemented with moringa leaf meal compared to those fed a control diet.

Elabd et al. (2019) reported improvements in hematological indices (mean corpuscular volume, mean corpuscular hemoglobin, and mean corpuscular hemoglobin concentration), compared to a control group (not included) in Nile tilapia fingerlings supplemented with 1.5% moringa leaf meal, in addition to growth promotion. In addition, the authors highlighted the anti-stress effect of this ingredient, due to improvements in the enzymatic antioxidant defense system (superoxide dismutase, glutathione peroxidase, catalase and lipoperoxidase). This is because, according to Sherif, El-Gamal and Elgamal (2014), moringa leaves contain phenolics and flavonoids, which exhibit diverse biological activities, including antioxidant, anticancer, immunomodulatory and hepatoprotective properties.

Considering that the number of studies that test moringa leaf meal inclusion levels as either raw or fermented meals is much higher than the number of studies that determine the digestibility of this ingredient in different species (Table 9; 11 and 14), it is possible to assume that either digestible values are not being published or that the inclusion of moringa leaf meal is being performed unbased on the digestible values of its nutrients.

4.5 CASSAVA (*MANIHOT ESCULENTA*)

Despite its nutritional merit, the potential use of cassava leaves is limited by the presence of cyanogenic glycosides that release toxic hydrocyanic acid on hydrolysis. Ng and Wee (1989) indicate the removal of substantial amounts of this antinutrient by simply drying the leaves in the sun. The authors also state that residual levels are tolerated by Nile tilapia. Other unwanted compounds comprise tannins and complex carbohydrates (RAVINDRAN; KORNEGAY; RAJAGURU, 1987).

The inclusion of low cassava leaf protein (3.97%) and digestible energy (1109.72 kcal kg⁻¹) levels in juvenile *O. niloticus* diets was performed by Araújo et al. (2012), who attributed the low levels to high fiber content, as, according to Meurer, Hayashi and Boscolo (2003), fiber is not used by most fish and high amounts can cause changes in the rate of the food bolus passage.

Unlike the digestible values observed by Araújo et al. (2012), digestible values for Nile tilapia may reach 19.92% PD (TRAM et al., 2011) and 3104 kcal kg⁻¹ DE (CARVALHO et al., 2012) (Table 9). Such results are corroborated by Jesus, Azevedo, Carvalho and Braga (2011) and Sena et al. (2012) that recommend the inclusion of up to 20% of cassava leaf meal in Nile tilapia diets, without compromising zootechnical performance and altering body composition (Table 15).

Table 15. Levels of inclusion of cassava leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
5	<i>O. niloticus</i>	20±5.0	(SANTOS et al., 2015)
10	<i>P. argenteus</i>	10.77±1.29	(SOARES et al., 2019)
20	<i>O. niloticus</i>	2.89±0.43	(JESUS et al., 2011)
20	<i>O. niloticus</i>	85.22±3.13	(SENA et al., 2012)

4.6 PUMPKIN (*TELFAIRIA OCCIDENTALIS*)

Growth, hematological profile and body composition effects of corrugated pumpkin leaf meal in African catfish diets were investigated by Dada et al. (2016), who reported improved growth, feed utilization and survival, with no effect on fingerling hematological parameters (Table 16). Although it appears to be a promising feed component, there is no evidence that points to digestible values of the nutrients of this food in fish nutrition assessments.

Table 16. Levels of inclusion of pumpkin leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
1	<i>C. gariepinus</i>	3.75±0.52	(IDOWU; DENHAM; ADEDEJI, 2019)
7	<i>H. bidorsalis</i>	1.19	(EJERE; CHIGBOGU; NNAMONU, 2018)

4.7. PIGEON PEA (*CAJANUS CAJAN*)

Bag et al. (2012a) included 40% pigeon pea leaf meal in the diet of Nile tilapias and obtained improvements not only in growth, but also in meat quality, with an increase in the crude protein and lipid content of the fish, both beneficial to human health. Similar inclusion levels were recommended by Rani et al. (2020) for rohu carp fingerlings (Table 17).

Table 17. Levels of inclusion of pigeon pea leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
40	<i>L. rohita</i> Ham.	5.0±0.25	(RANI et al., 2020)
40	<i>O. niloticus</i>	5.1±0.02	(BAG et al., 2012a)

4.8 Talimkhana (*Hygrophila spinosa*)

In addition to agricultural crop residues intended for human consumption, foraging plants can also be used to feed aquatic organisms. Talimkhana is a herbaceous plant whose leaves contain about 20.6% crude protein, 36.4% nitrogen-free extract, 21.3% crude fiber and a high mineral percentage, of 18.3% (BANERJEE; MATAI, 1990). Maiti et al. (2019) studied the best level of talimkhana leaf meal inclusion as an oil-free rice bran substitute in the diet of rohu carp fingerlings and concluded that complete replacement is possible, with up to 30% dietary inclusion without compromising growth performance.



Figure 10. Talimkhana leaves.

4.9 KIKUYU GRASS (*PENNISETUM CLANDESTINUM*)

Kikuyu grass contains a high protein content of about 26%, with a balanced amino acid profile and low antinutrient concentrations. Its potential as a partial substitute for fish meal has been noted for tilapia *rendalli* (HLOPHE; MOYO, 2014c), tilapia *mossambicana* (HLOPHE; MOYO, 2014a) and African catfish (HLOPHE; MOYO, 2014b), at up to 7.5% inclusion. Hlophe-Ginindza and Moyo (2018) reported decreased enzymatic activity with increasing levels of dietary kikuyu, compromising fish growth performance, an effect more evident in African catfish compared to tilapia (Table 18).



Figure 11. Kikuyu grass.

Table 18. Levels of inclusion of kikuyu grass leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
7.5	<i>C. rendalli</i>	11.5 ±1	(HLOPHE; MOYO, 2014c)
7.5	<i>O. mossambicus</i>	12.5	(HLOPHE; MOYO, 2014a)

4.10 WATER HYACINTH (*EICHHORNIA CRASSIPES MARTIUS*)

Sotolu and Sule (2010) observed a positive effect on the growth of African catfish when fed diets containing water hyacinth leaf meal. Likewise, 15% water hyacinth meal in the formulated feed exhibited no adverse effect on the growth performance of rohu carp (SARKER et al., 2020). Thus, in addition to helping fish farmers ensure sustainable fish production through the production of lower-cost diets, aquatic plant feed production is also a successful way to manage weeds in waterways (Table 19).

Table 19. Levels of inclusion of water hyacinth leaf meal in the fish diet.

Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
15	<i>C. carpio</i>	27.2±1	(AL-GBURI; AL-SHAWI, 2019)
15	<i>L. rohita</i> Ham.	200	(SARKER et al., 2020)

4.11 OTHER LEAF MEALS

The nutritive values of locally available plant leaves and of derived meals tend to justify the continuous investigation and potential use in fish feed development. Studies report not only fish performance, but also health improvements. Although inclusion levels are not always high, due to different anti-nutritional factors that vary between plant species, several interesting results have been obtained to date. Dietary inclusion levels of other less common leaf meals in fish feed are listed in Table 20.

Table 20. Inclusion levels of different leaf meal in the fish diet.

Leaf meal	Inclusion level	Species	Average weight (g)	References
<i>Amaranthus spinosus</i>	5	<i>C. gariepinus</i>	5.00±0.37	(ADEWOLU; ADAMSON, 2011)
<i>Delonix regia</i>	16		5.11±0.01	(ADESINA; AGBATAN, 2021)
<i>Gliricidia Maculata</i>	40	<i>C. mrigala</i>	2.24±0.04	(VHANALAKAR; MULEY, 2014)
<i>Houttuynia cordata</i>	1	<i>L. rohita</i> Ham.	3.37±0.23	(GARG et al., 2019)
<i>Lemna polyrhiza</i>	10		6.4±0.31	(BAIRAGI et al., 2002)
<i>Stellaria media</i>	10	<i>O. niloticus</i>	20	(YILMAZ; ERGÜN, 2013)
<i>Vigna mungo</i>	20	<i>L. rohita</i> Ham.	3.52±0.04	(SAHOO et al., 2020)

CONCLUSIONS

Leaf meals display the potential for use in fish feed, partially replacing traditional ingredients by providing nutrients and energy. Inactivating antinutrients could make them even more efficient. Although many methodologies have emerged to reduce antinutrient amounts or effects, they work well only on specific anti-nutrients, and leaf meals often contain than one anti-nutritional factor.

REFERENCES

- ABO-STATE, H. et al. Evaluation of feeding raw moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves meal in Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*) diets. **Global Veterinaria**, v. 13, n. 1, p. 105–111, 1 jan. 2014.
- ADENIJI, C. A.; FAKOYA, K. A.; OMAMOHWO, V. R. Partial replacement of soybean cake with amaranth *us spinosus* leaf meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Biological Sciences - PJSIR**, v. 50, n. 5, p. 335–338, 9 out. 2007.
- ADESHINA, I. et al. Effects of dietary *Moringa oleifera* leaf meal as a replacement for soybean meal on growth, body composition and health status in *Cyprinus carpio* juveniles. **Croatian Journal of Fisheries**, v. 76, p. 174–182, 2018.
- ADESINA, S. A.; AGBATAN, O. D. Growth response and feed utilization in *Clarias gariepinus* fingerlings fed diets supplemented with processed flamboyant (*Delonix regia*) leaf meal. **Agro-Science**, v. 20, n. 1, p. 38–45, 24 mar. 2021.
- ADEWOLU, M. Potentials of sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaf meal as dietary ingredient for *Tilapia zilli* fingerlings. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 7, 1 mar. 2008.
- ADEWOLU, M.; ADAMSON, A. A. *Amaranthus spinosus* leaf meal as potential dietary protein source in the practical diets for *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings. **International Journal of Zoological Research**, v. 7, p. 128–137, 1 fev. 2011.
- ADEWUMI, A. A.; OLA-OLADIMEJI, F. A. Performance characteristics and feed utilization of african cat fish (*Clarias gariepinus*) fed varying inclusion levels of fermented mulberry leaf. **Direct Research Journal of Agriculture and Food Science**, v. 4, p. 87–93, 2 maio 2016.
- AGANGA, A. A.; TSHWENYANE, S. O. Lucerne, lablab and *Leucaena leucocephala* forages: production and utilization for livestock production. **Pakistan Journal of Nutrition**, n. 2, p. 46–53, 2003.
- AGBO, A. N. Effects of processing on amino acids composition of *Leucaena leucocephala* (Lam De Wit) leaf meal. **Nigerian Journal of Biotechnology**, v. 37, n. 2, p. 157–164, 2020.
- AHMAD, Z. et al. Effect of replacement of de-oiled rice bran with sweet potato leaf meal on growth performance, digestive enzyme activity and body composition of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822). **Indian Journal of Fisheries**, 2019.
- AJIBADE, S. et al. Sex differences in biochemical contents of *Telfairia occidentalis* Hook F. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v. 4, n. 1, p. 155–156, 1 jan. 2006.
- AJITHKUMAR, M. et al. Effect of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaf meal supplementation on growth and nutrient digestibility of rohu and PACU under different culture practices. **The Pharma Innovation Journal**, v. 10, n. 6, p. 328–332, 2021.
- AL-GBURI, E. J. M.; AL-SHAWI, S. A. Effect of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaves meal substitution with maize on digestibility of common carp (*Cyprinus carpio*). **Plant Archives**, v. 19, p. 19–21, 2019.
- ALI, S.; KAVIRAJ, A. Rearing catfish *Heteropneutes fossilis* on feed supplemented by fermented leaf meal of *Ipomoea aquatica*. **International Journal of Aquatic Biology**, v. 9, n. 2, p. 79–87, 24 mar. 2021.

- ALI, S.; SAHA, S.; KAVIRAJ, A. Fermented mulberry leaf meal as fishmeal replacer in the formulation of feed for carp *Labeo rohita* and catfish *Heteropneustes fossilis*—optimization by mathematical programming. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 2, p. 839–849, 2019.
- ALLAN, G. L. et al. Replacement of fish meal in diets for australian silver perch, *Bidyanus bidyanus*: I. Digestibility of alternative ingredients. **Aquaculture**, v. 186, n. 3, p. 293–310, 15 jun. 2000.
- AMISAH, S.; OTENG, M. A.; OFORI, J. K. Growth performance of the african catfish, *Clarias gariepinus*, fed varying inclusion levels of *Leucaena leucocephala* leaf meal. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management**, v. 13, n. 1, 2009.
- ANAND, G. et al. *Sesbania aculeata* leaf meal as replacer of de-oiled rice bran in aquaculture feed: Growth, IGF-1 expression, metabolic and biochemical responses in *Cyprinus carpio* (Linnaeus 1758). **Aquaculture Research**, v. 51, n. 6, p. 2483–2494, 2020.
- ANTIA, B. S. et al. Nutritive and anti-nutritive evaluation of sweet potatoes (*Ipomoea batatas*) leaves. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 5, 2006.
- ARAÚJO, J. R. DE et al. Apparent digestibility of ingredients of the Northeast Semi-Arid for Nile tilapia. **Ciência Rural**, v. 42, p. 900–903, maio 2012.
- ARSALAN, M. Z.-U.-H. et al. Effects of *Moringa oleifera* leaf meal (MOLM) based diets on carcass composition and hematology of *Labeo rohita* fingerlings. **Journal of Biodiversity and Environmental Sciences**, p. 10, 2016.
- ASTUTI, D. A.; BECKER, K.; RICHTER, N. Utilization of methanol extracted of mermga and mulberry leaves to evaluate energy and protein balance of Nile tilapia. p. 70–82, 2008.
- AYEGBA, E. O.; AYUBA, V. O.; ANNUNE, P. A. Growth performance of *Clarias gariepinus* fed soaked *Moringa Oleifera* leaf meal. **Octa Journal of Biosciences**, v. 4, n. 1, p. 23–27, 2016.
- AYYAT, M. S. et al. Evaluation of leaf protein concentrate from *Beta vulgaris* and *Daucus carota* as a substitute for soybean meal in *Oreochromis niloticus* fingerlings diets. **Aquaculture Research**, p. 1–14, 2021.
- BABALOLA, O. A.; FAKUNMOJU, F. A. Effect of partial replacement of fishmeal with *Leucaena leucocephala* leaf meal on the growth performance of *Tilapia zilli* fingerlings. **Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research**, v. 9, n. 2, p. 9–14, 18 set. 2020.
- BAG, M. P. et al. Growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed with two leguminous plant leaf meals. **International Journal of Pharmacy e Life Sciences**, v. 3, n. 10, 2012a.
- BAG, M. P. et al. Evaluation of mulberry (*Morus alba*, Linn.) leaf meal as a complete diet for sting fish (*Heteropneustes fossilis*, Bloch.). **International Journal of Pharmaceutical and Life Sciences**, v. 3, n. 9, 2012b.
- BAIRAGI, A. et al. Duckweed (*Lemna polyrhiza*) leaf meal as a source of feedstuff in formulated diets for rohu (*Labeo rohita* Ham.) fingerlings after fermentation with a fish intestinal bacterium. **Bioresource Technology**, v. 85, n. 1, p. 17–24, 2002.

- BAIRAGI, A. et al. Evaluation of the nutritive value of *Leucaena leucocephala* leaf meal, inoculated with fish intestinal bacteria *Bacillus subtilis* and *Bacillus circulans* in formulated diets for rohu, *Labeo rohita* (Hamilton) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 35, n. 5, p. 436–446, 2004.
- BAMIKOLE, M. A. et al. Nutritive value of mulberry (*Morus Spp.*) leaves in the growing rabbits in nigeria. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 4, n. 4, p. 231–236, 2005.
- BANERJEE, A.; MATAI, S. Composition of Indian aquatic plants in relation to utilization as animal forage. **Journal of Aquatic Plant Management**, v. 28, p. 69–73, 1 jan. 1990.
- BARUAH, D. et al. Growth performance of *Labeo rohita* (Hamilton) yearlings through use of fermented *Pomoea aquatica* leaf meal as fish feed. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, p. 5, 2018.
- BIUDES, J. F. V.; PEZZATO, L. E.; CAMARGO, A. F. M. Digestibilidade aparente da farinha de aguapé em tilápias-do-nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2079–2085, nov. 2009.
- BRAGA, L. G. T. et al. Apparent digestibility of the energy and nutrients of agro-industrial by-products for Nile tilapia. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 11, p. 1127–1136, 2010.
- CARVALHO, P. L. P. F. DE et al. Valor nutritivo da raiz e folhas da mandioca para a tilápia do Nilo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 1, p. 61–69, 2012.
- CENTER, NULL et al. Biological control of water hyacinth under conditions of maintenance management: can herbicides and insects be integrated? **Environmental Management**, v. 23, n. 2, p. 241–256, fev. 1999.
- CHEN, S. et al. Effect of *Moringa oleifera* leaf meal supplementation on growth performance, morphological indexes, antioxidant status and resistance to *Streptococcus agalactiae* of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 21, n. 1, p. 29–39, 24 nov. 2020.
- CHEN, Y. et al. Evaluation of pigeon pea leaves (*Cajanus cajan*) replacing alfalfa meal on growth performance, carcass trait, nutrient digestibility, antioxidant capacity and biochemical parameters of rabbits. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 103, n. 5, p. 1265–1273, 2019.
- CHO, C. Y.; KAUSHIK, S. J. Nutritional energetics in fish: energy and protein utilization in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). **World Review Nutrition Dietetics**, v. 61, p. 132–172, 1990.
- CORRÊA JUNIOR, C.; SCHEFFER, M. C. **Boas Práticas Agrícolas (BPA) de Plantas Medicinais, Aromáticas e Condimentares**. 1. ed. Curitiba: Instituto Emater, 2013.
- DA, C. T.; LUNDH, T.; LINDBERG, J. E. Evaluation of local feed resources as alternatives to fish meal in terms of growth performance, feed utilisation and biological indices of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. **Aquaculture**, v. 364–365, p. 150–156, 2012.
- DA, C. T.; LUNDH, T.; LINDBERG, J. E. Digestibility of dietary components and amino acids in plant protein feed ingredients in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fingerlings. **Aquaculture Nutrition**, v. 19, n. 4, p. 619–628, 2013.
- DADA, A. Use of fluted pumpkin (*Telfairia occidentalis*) leaf powder as feed additive in African catfish (*Clarias gariepinus*) fingerlings. **Journal of Applied Animal Research**, v. 45, p. 1–4, 17 set. 2016.

- DE, D. et al. Effect of *Leucaena leucocephala* leaf meal in diet of *Liza parsia*. **Indian Journal Animal Nutrition**, v. 29, n. 3, p. 279–283, 2012.
- DIAS, P. DA S. et al. Energy and nutrient digestibility from mulberry (*Morus alba*) leaf meal for Nile tilapia. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 44, p. 1–6, 8 mar. 2022a.
- DIAS, P. DA S. et al. Mulberry leaf meal (*Morus alba*) on the performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in growth. **Concilium**, v. 22, n. 3, p. 507–519, 7 maio 2022b.
- DIAS, P. S. **Digestibilidade a inclusão da farinha da folha de amoreira (*Morus alba*) em rações para alevinos de tilápia do Nilo**. Palotina: Universidade Federal do Paraná, 2019.
- DIENYE, H. E.; OLUMUJI, O. K. Growth performance and haematological responses of African mud catfish *Clarias gariepinus* fed dietary levels of *Moringa oleifera* leaf meal. **Net Journal of Agricultural Science**, v. 2, n. 2, p. 79–88, 11 jun. 2014.
- DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. *Leucena* (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. p. 8, 2010.
- EBUKA, I. A. et al. *Moringa oleifera* leaf meal as partial replacement of soybean meal in diets of *Clarias gariepinus* juveniles. **Livestock Research for Rural Development**, 2021.
- EGGUM, B. O. The protein quality of cassava leaves. **British Journal of Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 761–768, set. 1970.
- EJERE, V. C.; CHIGBOGU, N. R.; NNAMONU, E. I. Evaluation of *Telfairia occidentalis* leaf meal potentials as a possible substitute to fishmeal. 13 dez. 2018.
- ELABD, H. et al. Dietary supplementation of *Moringa* leaf meal for Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: Effect on growth and stress indices. **The Egyptian Journal of Aquatic Research**, v. 45, n. 3, p. 265–271, 1 set. 2019.
- ELTAYEB, E. E. et al. Effect of graded substitution levels of pigeon pea (*Cajanus Cajan*) leaf meal for berseem leaf meal on broiler performance. **Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian**, v. 40, n. 2, p. 69–74, 2015.
- EUSEBIO, P. S.; COLOSO, R. M.; MAMAUAG, R. E. P. Apparent digestibility of selected ingredients in diets for juvenile grouper, *Epinephelus coioides* (Hamilton). **Aquaculture Research**, v. 35, n. 13, p. 1261–1269, 2004.
- EUZEBIO, U.; MOREIRA, A. L. C.; TAKAHASHI, R. Relevância da amoreira (*Morus alba* L) para aves, suínos, peixes e equinos: caracterização e composição macromineral das folhas da variedade Miura. **PesquisAgro**, v. 3, n. 1, p. 75–93, 4 ago. 2020.
- FAHEEM, M. et al. Dietary *Moringa oleifera* leaf meal induce growth, innate immunity and cytokine expression in grass carp, *Ctenopharyngodon idella*. **Aquaculture Nutrition**, v. 26, n. 4, p. 1164–1172, 2020.
- FASUYI, A. Improving the utilization of *Telfairia occidentalis* leaf meal with cellulase-glucanase-xylanase combination and selected probiotic in broiler diets. **International Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 15, n. 1, p. 10–15, 2021.

FASUYI, A. O.; NONYEREM, A. D. Biochemical, nutritional and haematological implications of *Telfairia occidentalis* leaf meal as protein supplement in broiler starter diets. **African Journal of Biotechnology**, v. 6, n. 8, 2007.

FERREIRA, P. M. P. et al. Moringa oleifera: bioactive compounds and nutritional potential. **Revista de Nutrição**, v. 21, p. 431–437, ago. 2008.

FONSECA, A. S.; FONSECA, T. C. **Cultura da amoreira e criação do bicho-da-seda**. São Paulo: Nobel, 1988.

FRACALOSSO, D. M. Técnicas experimentais em nutrição de peixes. Em: **Nutriaqua: nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira**. 1. ed. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática: Fracalossi, D.M; CYRINO, J. E. P., 2012. v. 1p. 37–63.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Aquaculture**, v. 199, n. 3, p. 197–227, 1 ago. 2001.

FREITAS, L. E. L. DE. **Relação energia/proteína em dietas práticas para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*): digestibilidade e desempenho**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

GANZON-NARET, E. S. Utilization of Moringa oleifera leaf meals as plant protein sources at different inclusion levels in fish meal based diets fed to *Lates calcarifer*. v. 6, n. 2, p. 10, 2014.

GARCIA, G. W. et al. The nutritive value and forage productivity of *Leucaena leucocephala*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 29–41, 1 jul. 1996.

GARG, C. K. et al. Effect of dietary *Houttuynia cordata* leaf meal and leaf extract on the growth performance, nutrient utilization and expression of IGF-I gene in *Labeo rohita*. **Aquaculture Nutrition**, v. 25, n. 3, p. 702–711, 2019.

GATLIN III, D. M. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. **Aquaculture Research**, v. 38, n. 6, p. 551–579, 2007.

GBADAMOSI, O. K.; OSUNGBEMIRO, N. R. **Growth and nutritional performance of African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fed varying inclusion levels of dietary Moringa oleifera leaf meal**.

GOPALAKRISHNAN, L.; DORIYA, K.; KUMAR, D. S. Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. **Food Science and Human Wellness**, v. 5, n. 2, p. 49–56, 1 jun. 2016.

HEMRE, G.-I.; MOMMSEN, T. P.; KROGDAHL, Å. Carbohydrates in fish nutrition: effects on growth, glucose metabolism and hepatic enzymes. **Aquaculture Nutrition**, v. 8, n. 3, p. 175–194, 2002.

HISANO, H. et al. Composição bromatológica e digestibilidade aparente da parte aérea seca da mandioca na alimentação de tilápias-do-nylo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1119–1123, ago. 2013.

HLOPHE, S.; MOYO, N. Evaluation of kikuyu grass and moringa leaves as protein sources in *Oreochromis mossambicus* diets. **African Journal of Aquatic Science**, v. 39, n. 3, p. 305–312, 3 jul. 2014a.

- HLOPHE, S.; MOYO, N. A. G. Replacing fishmeal with Kikuyu grass and moringa leaves: effects on growth, protein digestibility, histological and haematological parameters in *Clarias gariepinus*. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 14, p. 795–806, 1 set. 2014b.
- HLOPHE, S. N.; MOYO, N. A. G. A comparative study on the use of *Pennisetum clandestinum* and *Moringa oleifera* as protein sources in the diet of the herbivorous *Tilapia rendalli*. **Aquaculture International**, v. 22, n. 4, p. 1245–1262, 1 ago. 2014c.
- HLOPHE-GININDZA, S. N.; MOYO, N. A. G. The effect of replacing fishmeal with kikuyu leaf meal on the activity of digestive enzymes and growth in *Tilapia rendalli*, *Oreochromis mossambicus* and *Clarias gariepinus*. **Indian Journal of Animal Research**, n. of, 15 dez. 2018.
- HOU, Q. et al. Lipid metabolism responses of common carp (*Cyprinus carpio* L.) to mulberry leaf meal in diet. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 2, p. 719–727, 2019.
- HUSSAIN, S. M. et al. Replacement of Fish Meal with *Moringa oleifera* Leaf Meal (MOLM) and its Effect on Growth Performance and Nutrient Digestibility in *Labeo rohita* Fingerlings. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 50, n. 5, ago. 2018.
- IDOWU, T. A.; DENHAM, S. A.; ADEDEJI, H. A. Growth performance and hematological indices of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings fed varying levels of *Telfairia occidentalis* leaf meal additives. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, p. 442–445, 2019.
- ISHIDA, H. et al. Nutritive evaluation on chemical components of leaves, stalks and stems of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* poir). **Food Chemistry**, v. 68, n. 3, p. 359–367, 15 fev. 2000.
- JARDIM, F. C. et al. Avaliação antioxidante de *Pereskia aculeata* mill in natura, seca à sombra e ao sol / Antioxidant evaluation of *Pereskia aculeata* mill in natura, dried in the shade and in the sun. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 89906–89925, 15 set. 2021.
- JAYANT, M. et al. Nutritional evaluation of fermented sweet potato leaf meal as a replacer of deoiled rice bran in the diet of *labeo rohita* fingerlings. 11 fev. 2020.
- JESUS, L. S. F. et al. Farelos da vagem da algaroba e da folha da mandioca em rações para juvenis de tilápia do Nilo mantidos em água salobra. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, 2011.
- KARINA, S. et al. Replacement of soybean meal with *Moringa oleifera* leaf meal in the formulated diets of *tilapia* (*Oreochromis niloticus*) fingerlings. **Aquaculture, Aquarium, Conservation e Legislation - International Journal of the Bioflux**, v. 8, p. 790–795, 1 out. 2015.
- KASIGA, T. et al. Effects of reduced soybean-meal diets containing *Moringa oleifera* or *Leucaena leucocephala* leaf meals on growth performance, plasma lysozyme, and total intestinal proteolytic enzyme activity of juvenile Nile *tilapia*, *Oreochromis niloticus*, in outdoor tanks. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 45, 2014.
- KAVIRAJ, A. et al. Impact of fermented mulberry leaf and fish offal in diet formulation of indian major carp (*Labeo rohita*). **Proceedings of the Zoological Society**, v. 66, n. 1, p. 64–73, 2013.
- KIM, B. N.; YANG, J. L.; SONG, Y. S. Funções fisiológicas de chongkukjang. *Food and Nutrition*. v. 4, p. 40–46, 1999.

- KNIPLING, E. B.; WEST, S. H.; HALLER, W. T. Growth characteristics, yield potential, and nutritive content of water hyacinths. **Proceedings, Soil and Crop Science Society of Florida**, v. 30, p. 51–63, 1970.
- KONYEME, J. E.; SOGBESAN, O.; UGWUMBA, A. Nutritive value and utilization of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) meal as plant protein supplement in the diet of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (Pisces: Clariidae) fingerlings. **Afr. Sci.**, v. 7, p. 127–133, 1 jan. 2006.
- LATEEF, T. et al. Effect of moringa leaf meal supplementation on haematological and serum biochemical profile of broiler chicken. **Indian Journal of Animal Nutrition**, v. 33, p. 75, 1 jan. 2016.
- LAWAL, M. O. et al. The nutritive values of the leaf meal and leaf protein concentrate of some tropical weeds. **West African Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 1, n. 1, p. 10–16, 24 set. 2020.
- LOCHMANN, R. et al. Effects of dietary sweet potato leaf meal on the growth, non-specific immune responses, total phenols and antioxidant capacity in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 93, n. 6, p. 1365–1369, 2012.
- MADALLA, N.; AGBO, N. W.; JAUNCEY, K. Evaluation of aqueous extracted moringa leaf meal as a protein source for Nile tilapia juveniles. **Tanzania Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 1, 2013.
- MADALLA, N.; AGBO, N. W.; JAUNCEY, K. Evaluation of ground - Sundried cassava leaf meal as protein source for Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (L) juvenile's diet. **Tanzania Journal of Agricultural Sciences**, v. 15, n. 1, 2016.
- MAHMOOD, S. et al. Evaluation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) supplemented diets on the growth, digestibility and histology of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) fingerlings. **Journal of Applied Animal Research**, v. 46, p. 24–28, 19 nov. 2018.
- MAITI, M. K. et al. Optimum utilization of *Hygrophila spinosa* leaf meal in the diet of *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) fingerlings. **Aquaculture Reports**, v. 15, p. 100213, 1 nov. 2019.
- MAJUMDAR, B. N.; MOMIN, S. A.; KEHAR, N. D. Studies on tree leaves as cattle fodder. 1. Chemical composition as affected by the stage of growth. **Indian Journal of Veterinary Science and Animal Husbandry**, v. 37, p. 217–223, 1967.
- MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritional value and antinutritional components of whole and ethanol extracted *Moringa oleifera* leaves. **Animal Feed Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 211–228, 1 dez. 1996.
- MASOOD, D. et al. Effect of substituting soybean meal with *Moringa oleifera* meal on the growth and body composition of *Labeo rohita* fingerlings. **Pakistan Journal of Zoology**, v. 52, n. 5, 2020.
- MCGOOGAN, B. B.; REIGH, R. C. Apparent digestibility of selected ingredients in red drum (*Sciaenops ocellatus*) diets. **Aquaculture**, v. 141, n. 3, p. 233–244, 31 maio 1996.
- MEDEIROS, R. M. L.; SABAA SRUR, A. U. O.; ROQUETTE PINTO, C. L. Estudo da biomassa de aguapé, para a produção do seu concentrado protéico. **Food Science and Technology**, v. 19, p. 226–230, maio 1999.
- MEHDI, H. et al. Effect of *Moringa oleifera* meal on the growth, body composition and nutrient digestibility of *Labeo rohita*. **International Journal of Biosciences**, v. 8, p. 11–17, 1 abr. 2016.

MESHAM, S. et al. Replacement of de-oiled rice bran by soaked and fermented sweet potato leaf meal: Effect on growth performance, body composition and expression of insulin-like growth factor 1 in Labeo rohita (Hamilton), fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 49, n. 8, p. 2741–2750, 2018.

MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W. R. Crude Fiber for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L) Fingerlings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 256–261, abr. 2003.

MIAO, L. et al. Interactive effects of mulberry leaf meal and bamboo charcoal additive on growth performance, anti-oxidant capacity, and disease resistance of genetically improved farmed tilapia (GIFT) juvenile (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Reports**, v. 18, p. 100483, 1 nov. 2020.

MIRANDA, J. E.; BONACIN, G. A.; TAKAHASHI, R. Produção e qualidade de folhas de amoreira em função da época do ano e de colheita. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 499–504, set. 2002.

MONDAL, K.; KAVIRAJ, A.; MUKHOPADHYAY, P. K. Introducing mulberry leaf meal along with fish offal meal in the diet of freshwater catfish, *Heteropneustes fossilis*. **Electronic Journal of Biology**, 2011.

MONDAL, K.; KAVIRAJ, A.; MUKHOPADHYAY, P. K. Effects of partial replacement of fishmeal in the diet by mulberry leaf meal on growth performance and digestive enzyme activities of Indian minor carp *Labeo bata*. **Int. J. of Aquatic Science**, v. 3, n. 1, p. 72–83, 1 jan. 2012.

MONDAL, K.; KAVIRAJ, A.; MUKHOPADHYAY, P. K. Growth performance of indian minor carp *Labeo bata* fed varying inclusions of fermented fish-offal and mulberry leaf meal based-diets. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 14, n. 3, p. 567–582, 2015.

NASEEM, S. et al. Perspectives on utilization of macrophytes as feed ingredient for fish in future aquaculture. **Reviews in Aquaculture**, v. 13, n. 1, p. 282–300, 2020.

NCHA, O. S. et al. Effect of diets with moringa leaf meal on growth, carcass composition and haematology of *Clarias gariepinus*. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 3, n. 2, p. 397–401, 2015.

NG, W. K.; WEE, K. L. The nutritive value of cassava leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 83, n. 1–2, p. 45–58, dez. 1989.

OCHOKWU, I. J.; TAIWO, M. A.; BASHIR, S. Y. Haematological indices and carcass composition of african aatfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) fingerlings fed with fluted pumpkin leaf (*Telfairia Occidentalis*) as feed additives. **Nigerian Journal of Biotechnology**, v. 38, n. 1, p. 83–90, 27 jul. 2021.

OLIVEIRA, V. T. N. DE. **Digestibilidade aparente da proteína e energia de alimentos alternativos para a tambatinga**. Janaúba: Universidade Estadual de Montes Claros, 2017.

OLSEN, R. L.; HASAN, M. R. A limited supply of fishmeal: Impact on future increases in global aquaculture production. **Trends in Food Science e Technology**, v. 27, n. 2, p. 120–128, 1 out. 2012.

OLUSOLA, S.; OLAIFA, F. Evaluation of some edible leaves as potential feed ingredients in aquatic animal nutrition and health. **Journal of Fisheries**, v. 6, p. 569, 8 mar. 2018.

OYEYINKA, A. T.; OYEYINKA, S. A. Moringa oleifera as a food fortificant: Recent trends and prospects. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 2, p. 127–136, 1 abr. 2018.

- OZOVEHE, B. N. Growth performance, haematological indices and some biochemical enzymes of juveniles *Clarias gariepinus* (Burchell 1822) fed varying levels of *Moringa oleifera* leaf meal diet. **Journal of Aquaculture Research e Development**, v. 04, n. 02, 2013.
- PEREIRA JUNIOR, G. et al. Farinha de folha de leucena (*Leucaena leucocephala* Lam. de wit) como fonte de proteína para juvenis de tambaqui (*Colossoma macropomum* CUVIER, 1818). **Acta Amazonica**, v. 43, n. 2, p. 227–234, jun. 2013.
- PEZZATO, L. E. et al. Digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 26, n. 3, p. 329–337, 2004.
- PRATES, H. T. et al. Efeito do extrato aquoso de leucena na germinação e no desenvolvimento do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 909–914, maio 2000.
- PUYCHA, K. et al. Effect of moringa (*Moringa oleifera*) leaf supplementation on growth performance and feed utilization of Bocourti's catfish (*Pangasius bocourti*). **Agriculture and Natural Resources**, v. 51, n. 4, p. 286–291, 1 ago. 2017.
- QI, X.-L. et al. Solvent-free microwave extraction of essential oil from pigeon pea leaves [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] and evaluation of its antimicrobial activity. **Industrial Crops and Products**, v. 58, p. 322–328, 1 jul. 2014.
- RANI, S. et al. Influence of inclusion of pigeon pea (*Cajanus cajan*) leafmeal on growth, physio-metabolic and immune parameters, and expression of IGF-1, IGF-1R and IGFBP-1 genes in Labeo rohita (Hamilton, 1822) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 52, n. 5, p. 1977–1994, 2020.
- RAVINDRAN, V. Cassava leaves as animal feed: potential and limitations. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, p. 141–150, 1 jan. 1993.
- RAVINDRAN, V.; KORNEGAY, E. T.; RAJAGURU, A. S. B. Influence of processing methods and storage time on the cyanide potential of cassava leaf meal. **Animal Feed Science and Technology**, v. 17, n. 4, p. 227–234, 1 jul. 1987.
- RICHTER, N.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as an alternative protein source for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). **Aquaculture**, v. 217, n. 1, p. 599–611, 17 mar. 2003.
- SAENTHAWEESUK, S. Effect of dietary supplementation of mulberry (*Morus alba* L.) leaf powder in place of antibiotic in feed ration to improve growth performance, meat quality and production of broiler chicken. **Journal of Science and Technology Mahasarakham University**, v. 28, n. 3, p. 285–290, 2009.
- SAHA, S.; RAY, A. K. Evaluation of nutritive value of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) leaf meal in compound diets for rohu, Labeo rohita (Hamilton, 1822) fingerlings after fermentation with two bacterial strains isolated from fish gut. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 11, n. 2, 1 abr. 2011.
- SAHOO, S. et al. Dietary optimisation of black gram (*Vigna mungo*) leaf meal as substitute for deoiled rice bran in the diet of Labeo rohita (Hamilton, 1822) fingerlings. **Indian Journal of Fisheries**, v. 67, 31 dez. 2020.

- SANTOS, E. et al. Digestibilidade de subprodutos da mandioca para a Tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, 4 mar. 2009.
- SANTOS, E. L. et al. Digestibilidade de subprodutos da mandioca para a tilápia do Nilo - DOI:10.5039/agraria.v4i3a20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, v. 4, n. 3, p. 358–362, 30 jun. 2015.
- SARKER, M. A.-A. et al. Incorporation of water hyacinth, *Eichhornia crassipes* meal in aqua-feed and its efficacy on growth performance of roho labeo, *Labeo rohita* (Hamilton, 1822) reared in cagev. **International Journal of Aquaculture and Fishery Sciences**, v. 6, n. 2, p. 043–049, 28 maio 2020.
- SEGUNDO, L. F. DE F.; ARARIPE, M. DE N. B. DE A.; LOPES, J. B. Substituição do farelo de soja pelo feno de leucena na alimentação de alevinos de tilápia. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 8, n. 2, 2006.
- SENA, M. F. et al. Mesquite bean and cassava leaf in diets for Nile tilapia in growth. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 34, n. 3, p. 231–237, 11 maio 2012.
- SHAHZAD, U. et al. Genetic diversity and population structure of *Moringa oleifera*. **Conservation Genetics**, v. 14, n. 6, p. 1161–1172, 1 dez. 2013.
- SHEIKHLAR, A. et al. White mulberry (*Morus alba*) foliage methanolic extract can alleviate *Aeromonas hydrophila* infection in african catfish (*Clarias gariepinus*). **The Scientific World Journal**, v. 14, 1 jan. 2014.
- SHERIF, A.; EL-GAMAL, A.; ELGAMAL, A. Incorporation of *Moringa oleifera* leaf in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* diet and its effect on growth performance and immune status. 2014.
- SILVA, L. X. DA et al. Fungos micorrízicos arbusculares em áreas de plantio de leucena e sábia no estado de Pernambuco. **Revista Árvore**, v. 31, p. 427–435, 2007.
- SOARES, E. et al. Polyculture of curimatã-pacu (*Prochilodus argenteus*) and canela shrimp (*Macrobrachium acanthurus*) feed with dehydrated cassava leaf meal. **Latin american journal of aquatic research**, v. 47, n. 1, p. 27–33, mar. 2019.
- SOARES, K. J. A. **Valor nutricional de alimentos alternativos para tambaqui (*Colossoma macropomum*)**. Chapadinha: Federal do Maranhão, 2016.
- SOLIVA, C. R. et al. Feeding value of whole and extracted *Moringa oleifera* leaves for ruminants and their effects on ruminal fermentation in vitro. **Animal Feed Science and Technology**, v. 118, n. 1, p. 47–62, 3 jan. 2005.
- SOTOLU, A. O.; SULE, S. O. Digestibility and performance of water hyacinth meal in the diets of African Catfish (*Clarias gariepinus*; Burchell, 1822). **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 14, 11 nov. 2010.
- SRIVASTAVA, S. et al. Nutritional quality of leaves of some genotypes of mulberry (*Morus alba*). **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 57, n. 5–6, p. 305–313, 1 jan. 2006.
- SUNITHA, S. et al. Effect of pruning on cassava stem, foliage and tuber yield. **Journal of Root Crops**, v. 41, n. 2, p. 36–41, 2015.

- TABASSUM, S. et al. Partial replacement of fish meal with *Moringa oleifera* leaf meal in practical diets of *Cirrhinus mrigala* fingerlings. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, 27 ago. 2021.
- TANG, X. et al. Effects of mulberry (*L.*) leaf extracts on growth, immune response, and antioxidant functions in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Annals of Animal Science**, v. 22, n. 1, p. 349–369, 31 dez. 2021.
- TIAMIYU, L. O.; OKOMODA, V. T.; AGBO, A. O. Nutritional suitability of leucaena leaf meal in the diet of *Clarias Gariepinus*. **Journal of FisheriesSciences.com**, p. 6, 2015.
- TIQUE, J.; CHAVES, B.; ZURITA, J. H. Evaluación agronómica de diez clones promisorios CIP y dos materiales nativos de *Ipomoea batatas* L. **Agronomía Colombiana**, v. 27, n. 2, p. 151–158, ago. 2009.
- TRAM, N. D. Q. et al. A comparative study on the apparent digestibility of selected feedstuffs in hybrid catfish (*Clarias macrocephalus* × *Clarias gariepinus*) and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Aquaculture Nutrition**, v. 17, n. 2, p. e636–e643, 2011.
- VHANALAKAR, DR. S.; MULEY, D. Effect of dietary incorporation of *Gliricidia maculata* leaf meal on growth and feed utilization of *Cirrhinus mrigala* fingerlings. **Global Journal of Science Research**, v. 14, n. 1, 1 jan. 2014.
- WEE, K. L.; WANG, S.-S. Nutritive value of *Leucaena* leaf meal in pelleted feed for Nile tilapia. **Aquaculture**, v. 62, n. 2, p. 97–108, 1 maio 1987.
- WOLVERTON, B. C.; MCDONALD, R. C. The water hyacinth: from prolific pest to potential provider. **Ambio**, v. 8, n. 1, p. 2–9, 1979.
- WU, N. et al. Antioxidant activities of extracts and main components of pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] leaves. **Molecules**, v. 14, n. 3, p. 1032–1043, mar. 2009.
- YANG, Y. et al. The latest review on the polyphenols and their bioactivities of Chinese *Morus* plants. **Journal of Asian Natural Products Research**, v. 16, n. 6, p. 690–702, 3 jun. 2014.
- YILMAZ, S.; ERGÜN, S. Chickweed (*Stellaria media*) leaf meal as a feed ingredient for tilapia (*Oreochromis mossambicus*). **Journal of Applied Aquaculture**, v. 25, p. 329–336, 9 dez. 2013.
- YUANGSOI, B.; MASUMOTO, T. Replacing moringa leaf (*Moringa oleifera*) partially by protein replacement in soybean meal of fancy carp (*Cyprinus carpio*). **Songklanakarin J. Sci. Technol.**, v. 34, p. 479–485, 1 set. 2012.
- ZAPATA-CAMPOS, C. C. et al. Chemical composition and nutritional value of leaves and pods of *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata* and *Acacia farnesiana* in a xerophilous shrubland. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, p. 723–730, 8 nov. 2020.
- ZHANG, X. et al. Effects of dietary fish meal replacement by fermented moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves on growth performance, nonspecific immunity and disease resistance against *Aeromonas hydrophila* in juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio* var. CAS III). **Fish e Shellfish Immunology**, v. 102, p. 430–439, 1 jul. 2020.
- ZHU, W. et al. Effects of fermented mulberry leaves on growth, serum antioxidant capacity, digestive enzyme activities and microbial compositions of the intestine in crucian (*Carassius carassius*). **Aquaculture Research**, v. 52, n. 12, p. 6356–6366, dez. 2021.
- ZU, Y. et al. Simultaneous determination of four flavonoids in pigeonpea [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.] leaves using RP-LC-DAD. **Chromatographia**, v. 63, n. 9, p. 499–505, 1 maio 2006.

ÉMERSON JOSÉ ALVES MATOS - Bachelor's at Zootecnia from Universidade Federal do Vale do São Francisco (2016), master's at Zootecnia from Universidade Federal do Ceará (2021), currently it is doctoral student at in the Programa de Pós-graduação em Zootecnia at the Universidade Federal do Paraná. He has experience in genetic improvement and animal nutrition.

<https://orcid.org/0000-0002-4918-722X>

ELISABETH CRISCUOLO URBINATI - Bachelor's at Biological Sciences - Medical Modality from the Universidade de São Paulo (1974), master's degree in Physiology from the Faculdade de Medicina/USP, Ribeirão Preto-SP (1978), PhD in Physiology from the Universidade de São Paulo (1986), post-doctorate in Fish Endocrinology, at the School of Fisheries, University of Washington, USA. She has experience in the area of Fisheries Resources and Fisheries Engineering, with an emphasis on Endocrinology and fish metabolism with a focus on Pisciculture.

<https://orcid.org/0000-0001-6623-8095>

FÁBIO MEURER - He has a degree, master's degree and doctorate in Zootecnia from the Universidade Estadual de Maringá. He is a professor at the Universidade Federal do Paraná (UFPR) and coordinates the Aquaculture Technology Laboratory (LATAq). He works in the area of Nutrition of aquatic organisms and aquaculture production systems, with emphasis on Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and native Brazilian fish.

<https://orcid.org/0000-0002-8389-9888>

Farinha de folhas na nutrição de peixes

Leaf meal in fish nutrition

 www.atenaeditora.com.br

 contato@atenaeditora.com.br

 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)

 www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Farinha de
folhas na nutrição
de peixes

Leaf meal in
fish nutrition

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br


Ano 2023