



Nutri·Time

Revista Eletrônica

Vol. 17, Nº 05, set/out de 2020

ISSN: 1983-9006

www.nutritime.com.br

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

RESUMO

Tecnologias na industrialização do pescado estão sendo cada vez mais exploradas, em consequência disso, o setor de aquicultura tem aumentado o número de resíduos derivados da obtenção do filé, aumentando desta maneira o interesse em pesquisas sobre a utilização destes resíduos. Assim sendo, pesquisas estão sendo realizadas visando caracterizar os resíduos de acordo com sua composição química e suas possibilidades de uso, e desta forma proporcionar que estes resíduos sejam empregados em algum produto secundário. Com isso, a seguinte revisão foi realizada visando relatar as principais formas de obtenção de subprodutos, algumas de suas aplicações e demonstrar o valor nutritivo dos resíduos derivados da indústria pesqueira.

Palavras-chave: alimentação, aproveitamento de subprodutos, resíduos industriais, tecnologia do pescado.

Utilização de subprodutos da indústria pesqueira na nutrição de peixes

Alimentação, aproveitamento de subprodutos, resíduos industriais, tecnologia do pescado.

Juliano Kelvin dos Santos Henriques¹

Bruno da Silva Pires^{2*}

Rômulo Batista Rodrigues³

¹Mestre em Zootecnia, pós graduando em piscicultura pela Universidade Estadual de Maringá UEM/PR.

²Mestre em Zootecnia, doutorando em Zootecnia pela Universidade Estadual de Maringá UEM/PR. *E-mail: brunodsp.2013@gmail.com.

³Mestre em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca, Doutorando em Zootecnia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul UFRGS/RS.

USE OF FISHERY BY-PRODUCTS IN FISH NUTRITION

ABSTRACT

Technologies in the industrialization of fish are being increasingly exploited; as a result, the aquaculture sector has increased the number of residues derived from the fillet, increasing in this way the interest in research on the use of this waste. Therefore, researches are being carried out aiming to characterize the residues according to their chemical composition and their possibilities of use, and in this way to provide that these residues are used in some secondary product. Thus, the following review was carried out aiming to report the main ways of obtaining by-products, some of their applications and to demonstrate the nutritional value of the residues derived from the fishing industry.

Keyword: feeding, utilization of by-products, industrial residues, fish technology.

INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos gera quantidade significativa de resíduos em toda sua cadeia produtiva, desta forma, essas indústrias são fiscalizadas e cobradas por órgãos ambientais e pela população a serem mais responsáveis com o meio ambiente, o que resulta na busca de diferentes formas de aproveitamento dos resíduos, diminuindo assim o impacto ambiental (AGUIAR & GOULART, 2013).

Deve-se destacar que as operações de abate e filetagem de peixe podem levar a grandes montantes de resíduos, que consiste de vísceras, cabeça, pele e ossos (FALCH et al., 2006). Os resíduos do processamento de pescado representam cerca de 2/3 do volume da matéria-prima da indústria, e quando descartados indevidamente podem causar danos ambientais (BOSCOLO & FEIDEN, 2007). Geralmente 65% do peso vivo é descartado durante o processo de filetagem (VALENTE et al., 2014), sendo que esse percentual varia de acordo com a espécie (CONTRERAS-GUZMÁN, 1994). Este resíduo, por muitas vezes não é aproveitado devido à falta de conhecimento do setor produtivo sobre procedimentos tecnológicos e sanitários que viabilizem o aproveitamento desse material. Transformando em um desafio para os empresários do setor produtivo e para a comunidade científica, a busca de estratégias de aproveitamento dos resíduos para que a atividade se torne sustentável e economicamente viável (BEZERRA et al., 2001).

Sendo assim, devem-se estudar alternativas para dar melhor destino aos resíduos oriundos do beneficiamento do pescado, pois o resíduo pode permanecer na própria planta industrial como um agente contaminante, devido à rápida deterioração do pescado (SEIBEL & SOUZA-SOARES, 2003) ou o resíduo pode ser um agente contaminante do ambiente, quando descartado de maneira indevida.

O aproveitamento dos resíduos provenientes do setor aquícola, pode mitigar o problema do descarte deste resíduo no ambiente e agregar valor ao produto final, oferecendo vantagens econômicas para a indústria (AGUIAR & GOULART, 2014). Óleos ricos em ácidos graxos essenciais, minerais, enzimas, proteínas, e diversos outros componentes podem ser obtidos em produtos oriundos do proces-

samento de pescado (AGUIAR et al., 2014). O aproveitamento dos resíduos pode gerar produtos de alto valor agregado e pode superar o valor do material inicial. A transformação dos resíduos dos frigoríficos de pescados para a alimentação animal seria mais uma opção de renda para as indústrias aumentando sua lucratividade.

Sendo assim, a seguinte revisão bibliográfica foi realizada para discutir os fundamentos práticos e teóricos da utilização de resíduos oriundos da produção de pescado, visando obter valores nutricionais destes subprodutos e debater suas formas de utilização na nutrição animal.

DESENVOLVIMENTO DO ASSUNTO

Farinha de peixes

Uma alternativa viável para o aproveitamento dos resíduos pesqueiros é historicamente a produção de farinha, amplamente empregada na aquicultura, como principal fonte proteica nas rações para a maioria das espécies de peixes cultivadas (FAO, 2014; GALDIOLI et al., 2001), sendo além de uma fonte proteica, uma excelente fonte de energia digestível, minerais essenciais e vitaminas (TACON, 1996).

Farinha de pescado é o produto obtido pela secagem e moagem de peixes, sendo um produto destinado essencialmente para a alimentação animal. A farinha integral de pescado é obtida de pescados inteiros ou cortes de pescados e a farinha residual de pescado é o produto obtido a partir dos resíduos oriundos da evisceração e filetagem do pescado, ambas são confeccionadas com ou sem extração de óleo, tendo sido seco e moído (AGUIAR et al., 2014).

Diversos autores relatam em seus estudos, a composição química da farinha de peixe (ARAUJO et al., 2011; FRACALOSI & CYRINO, 2012; ROSTAGNO et al., 2011). Pode-se observar, portanto, que elas possuem características muito interessantes para a nutrição animal, principalmente pelo alto teor de proteína bruta apresentado em sua composição de forma geral. Sendo um importante alternativa para formular dietas para animais de maior exigência nutricional de proteína. Porém, a utilização desse produto pode ser impactada por alguns fatores, como o custo elevado para aquisição de uma farinha de peixe de boa qualidade, bem como

a alta variação na composição dessas farinhas disponíveis no mercado, principalmente quando estas são provenientes de resíduos oriundos da filetagem de peixes e não do peixe inteiro. Na Tabela 1, podemos observar a composição química de diferentes farinhas de pescado, que demonstra a grande variação na composição delas, inclusive no perfil aminoacídico.

Tabela 1 – Composição química da farinha de peixes

Nutrientes (%)	Referências		
	Fracalossi & Cyrino (2012)	Rostagno et al. 54% (2011)	Rostagno et al. 61% (2011)
Proteína bruta	50,20	54,58	61,42
Extrato etéreo	9,00	7,46	5,85
Matéria seca	93,30	92,06	91,71
Matéria mineral	24,10	22,74	19,35
Lisina	5,01	3,40	4,33
Metionina	2,32	1,35	1,61
Treonina	2,16	2,30	2,55
Triptofano	-	0,47	0,59
Arginina	3,87	3,38	3,81
Valina	2,38	2,82	3,04
Isoleucina	1,88	2,24	2,49
Leucina	3,78	3,89	4,40
Histidina	1,64	1,08	1,32
Fenilalanina	2,67	2,24	2,38

Fonte: Fracalossi & Cyrino (2012); Rostagno et al. (2011).

Problemas relacionados com a farinha de peixe, como a falta de cuidado no seu armazenamento; o tempo de permanência dos resíduos nas unidades coletoras; a dificuldade no transporte e o tipo de tratamento que o resíduo sofre; podem acarretar muitas vezes em um produto final que não apresenta o mínimo de segurança alimentar necessária e conseqüentemente uma baixa qualidade nutricional (BOELTER et al., 2011). Ainda, por ser sensível as condições de armazenamento, a farinha de peixe tem que ser armazenada com a adição de antioxidantes, para evitar a formação de produtos de oxidação e ácidos graxos livres (BUTOLO, 2002).

Em trabalho realizado por Faria et al. (2001), os

autores observaram melhora no desempenho zootécnico de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) quando alimentadas com 12,15% de inclusão de farinha de peixe nas dietas. Em estudo de Rossato et al. (2013) os autores concluíram que a utilização de um nível de 30% de farinha de peixe confeccionada a partir de resíduos do processamento de jundiás (*Rhamdia quelen*), proporciona uma melhor eficiência alimentar na alimentação de tilápias do Nilo.

A utilização da farinha de peixe na nutrição animal, não é apenas uma prática utilizada para nutrição de peixes, mas também para outras espécies animais e resultados promissores já podem ser observados na literatura. Stringuetta et al. (2007), estudando o uso da farinha de peixe na alimentação de girinos de rã touro (*Rana Catesbeiana*), observaram que a proteína proveniente do farelo de soja pode ser substituída pela inclusão de até 15% de farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias, sem prejudicar o desenvolvimento dos animais. Eyng et al. (2010), avaliaram a inclusão de farinha de pescado (de resíduos da indústria de filetagem de tilápias) em dietas para frangos de corte e observaram que o nível mais alto de inclusão testado (8%), aumentou o triglicerídeo plasmático, porém reduziu os níveis de fósforo e cálcio no sangue dos frangos e proporcionou melhor eficiência econômica na produção final desses animais.

Atualmente as pesquisas sobre farinha de peixe na nutrição animal são realizadas com o foco de encontrar potenciais substitutos desse alimento, tendo em vista a necessidade de diminuir os custos das rações, assim como encontrar alimentos que apresentem pouca variação sazonal quanto sua composição química. Em estudo realizado por Novriadi et al. (2019) avaliando o farelo de soja e farinha de peixe como fontes proteicas em dietas para *Trachinotus carolinus*, observou-se que quanto maior foi a inclusão do farelo de soja em substituição a farinha de peixe, pior foi o desempenho dos animais. Da mesma forma, Xu et al. (2019) observaram que a utilização de farinha de peixe em vez do farelo de soja ou farelo de colza, melhorou o desempenho de três diferentes linhagens de carpa prussiana (*Carassius gibelio*).

Por fim, a farinha de peixe é a principal fonte de proteína animal utilizada na nutrição de peixes, contudo devido a redução dos estoques na pesca extrativista e a alta variação da oferta e de qualidade da farinha de pescado oriunda de resíduos de filetagem, a farinha de peixe se tornou um produto caro quando de qualidade e um produto desuniforme e com falta de oferta quando oriundo de resíduos frigoríficos. Desta forma, estudos que visem uma melhoria e padronização do processo de confecção de farinhas oriundas de subprodutos da indústria pesqueira são necessários. A padronização nos processos de produção da farinha de pescado oriundos de frigoríficos pode proporcionar uma grande melhora na qualidade deste produto, proporcionando uma farinha de peixe com preço competitivo no mercado, o que não ocorre com as farinhas de pescado marinho e de melhor qualidade.

ÓLEO DE PEIXE

O óleo de peixe, também conhecido por óleo de pescado, representa cerca de 2% da produção total de óleos e gorduras no mundo, sendo uma importante fonte lipídica para a nutrição animal. A caracterização desse alimento é de grande importância para a determinação das exigências nutricionais dessa fonte lipídica para cada espécie em específico e nas suas diferentes fases de vida (BRUM et al., 2002).

O óleo de pescado pode ser obtido por meio do processo de confecção tradicional da farinha de peixe, sendo este submetido a processos hidrotérmicos e mecânicos, ou ainda através da ensilagem ácida, colocando os resíduos do pescado sobre um processo de acidificação (GRUNENVALDT et al., 2005). Os processos tradicionalmente utilizados para extração e fabricação do óleo de peixe são: extração-termomecânica, degomagem, neutralização, lavagem, secagem e branqueamento (GUERRA-SEGURA, 2012).

A extração-termomecânica pode ser feita de diferentes formas, tanto por aquecimento em autoclave a 150° e centrifugação, quanto por congelamento lento, mais comumente usado no processamento de vísceras, cabeça, couro, entre outros resíduos, a -20°C e aquecimento em banho-maria para obtenção do óleo pela sua separação

da matéria-prima, que resulta ao final desses processos o óleo bruto. Após a obtenção do óleo bruto é feita a degomagem, através do aquecimento a 80°C e centrifugação, para obter o óleo degomado. O próximo processo é o de neutralização do óleo, onde o óleo degomado é aquecido a 40°C e feita uma mistura com NaOH 5N, e deixado em repouso em temperatura de 80°C para decantação dos resíduos. Em seguida o óleo passa pelo processo de lavagem adicionando-se água a 95°C e é misturado, após, a mistura é centrifugada para a retirada da maior quantidade possível de água e em seguida, o óleo é aquecido a 90°C durante 20 minutos, sendo que ao final desses três processos resulta-se no óleo seco. Após o processo de lavagem é feito o branqueamento do óleo, que é a última etapa, e se utiliza terra e carvão ativado, acrescentados no óleo seco e misturados em uma temperatura de 70°C durante 20 minutos, para obter o óleo branqueado ou refinado, que é rico em ácidos graxos com configuração *trans* (GUERRA-SEGURA, 2012).

O óleo de peixe ou óleo de pescado, pode ser obtido de diferentes matérias-primas, como: intestino, cabeça, vísceras, sangue, pele, ossos e fígado. Portanto, podemos ter óleo extraídos de peixes inteiros ou extraídos a partir do tratamento de resíduos ou ainda pela mistura dos dois. A composição lipídica do óleo pode variar de acordo com a espécie utilizada como matéria-prima, da alimentação da espécie, do local de cultivo, e da própria fonte de obtenção desse óleo (peixe inteiro ou de subprodutos), influenciando desta maneira a sua utilização na nutrição animal (TURCHINI et al., 2009). Além da utilização em dietas para animais, pode ser utilizado para o consumo humano e como biocombustível, sendo neste último caso um processo menos oneroso para a indústria (ADEOTI & HAWBOLDT, 2014), tendo em vista a menor necessidade de refinamento empregado para atender a demanda da segurança alimentar.

Os ácidos graxos mais importantes obtidos através do óleo de peixe são o palmítico, esteárico e o mirístico, sendo que suas relativas concentrações podem variar de acordo com fonte da matéria-prima para a extração do óleo (BRUM et al., 2002), como discutimos anteriormente. . Esses ácidos graxos exercem funções importantes no organismo dos animais, uma delas é relacionada com a reprodução,

pois são considerados fundamentais para o desenvolvimento gonadal e formação dos hormônios gonadotrópicos e esteroides. Na utilização de diferentes fontes lipídicas na nutrição de fêmeas de jundiá (*Rhamdia quelen*), o óleo de peixe marinho, foi quem proporcionou maior taxa de fertilização e concentração de ácidos graxos n-3, EPA (eicosapentanóico) e DHA (docosahexanóico) no fígado, ovários e oócitos nos animais estudados, provando uma melhora na capacidade reprodutiva dos animais avaliados, com a inclusão do óleo de peixe nas dietas (HILBIG, 2015).

A inclusão do óleo de peixe em dietas para tilápias, influenciou o metabolismo lipídico dos peixes como constatado por Ribeiro et al. (2008), segundo os autores, houve diminuição da atividade das enzimas málica e Glicose-6-P desidrogenase, acarretando em menores níveis de lipídios e maiores concentrações de proteína no músculo de juvenis de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas com rações contendo óleo de peixe e linhaça, em comparação aos peixes alimentados com dietas contendo óleos de milho, soja e oliva. Os resultados demonstram que o valor biológico do óleo proveniente de pescado pode ser maior que aqueles óleos provenientes de fontes vegetais.

Em dietas para peixes marinhos, o óleo de peixe é um ingrediente essencial, uma vez que sua inclusão (quando comparado a inclusão do óleo de soja) influenciou positivamente a sobrevivência e o crescimento de juvenis do beijupirá (*Rachycentron canadum*) (SILVA JÚNIOR et al., 2011) e proporcionou um bom desempenho produtivo para a garoupa-verdadeira (*Epinephelus marginatus*), quando acrescido em dietas comerciais no nível de 4% (SANCHES et al., 2014).

O óleo de peixe também pode ser utilizado para suplementar e enriquecer a dieta de animais ruminantes. Em bovinos na fase de terminação, quando adicionando em até 2,1% na dieta, melhora a qualidade da carne (composição de ácidos graxos) sem prejudicar o desempenho produtivo e eficiência alimentar dos animais (BAHNAMIRI et al., 2019). Quando o óleo de peixes é adicionado a dieta de cabras leiteiras, ocorre uma modificação das propriedades do leite das cabras, através da alteração

do perfil de ácidos graxos do leite, o que pode tornar o produto nutricionalmente mais saudável para consumo humano, e sendo assim, uma forma de enriquecimento do produto final e agregação de valor (ALMEIDA et al., 2019).

Portanto, o óleo de peixe como fonte lipídica para nutrição animal apresenta grande potencial, pois além de trazer benefícios produtivos aos animais, também enriquece nutricionalmente o produto (carne ou leite) que será consumido pelo humano. Contudo, há algumas questões que merecem atenção e cuidado no uso dessa fonte lipídica, como a facilidade de o óleo de peixe entrar em processo de peroxidação. Esse fato é comprovado em um estudo recente feito com camarões (*Litopenaeus vannamei*), utilizando óleo de peixe com alta peroxidação nas dietas desses crustáceos, no qual os mesmos apresentaram um efeito prejudicial no estado de saúde, causando sérios danos ao hepatopâncreas e induzindo ao estresse oxidativo, na medida em que o óleo peroxidado foi adicionado (CHEN et al., 2019). Dessa forma, o processamento para obtenção desses óleos deve considerar seriamente as variáveis que possam melhorar a estabilidade desses lipídeos e também aumentar o tempo de prateleira desses produtos.

SILAGEM DE PESCADO

A ensilagem de resíduos de pescado é uma técnica antiga de preservação da matéria orgânica (SHIRAI et al., 2001). A silagem de pescado é o produto final de um processo controlado de fermentação, ou seja, um produto produzido a partir do pescado inteiro ou de resíduo, utilizando ácidos, enzimas ou bactérias produtoras de ácido láctico, promovendo assim a liquefação da massa (MORAIS & MARTINS, 1981). A silagem de pescado é utilizada na nutrição animal, como fonte de minerais e proteínas de alta qualidade (HAARD et al., 1985), sendo considerada uma alternativa ao uso da farinha de peixe (BEERLI et al., 2004).

Segundo Beerli et al. (2004), a silagem de pescado possui algumas vantagens em relação a farinha de peixe, como: maior digestibilidade; o processo é independente da escala de produção; tecnologia simples; menor investimento, mesmo com alta escala de produção; efluentes e odores são reduzidos;

não há necessidade de refrigeração do produto na armazenagem e o produto pode ser utilizado de imediato. Entretanto, Kompiang (1981) relata que a silagem de pescado também apresenta desvantagens em relação à farinha de pescado, como: volume do produto; dificuldade no transporte e armazenamento; e em algumas vezes, a qualidade do produto final mais baixa devido ao alto teor de gordura.

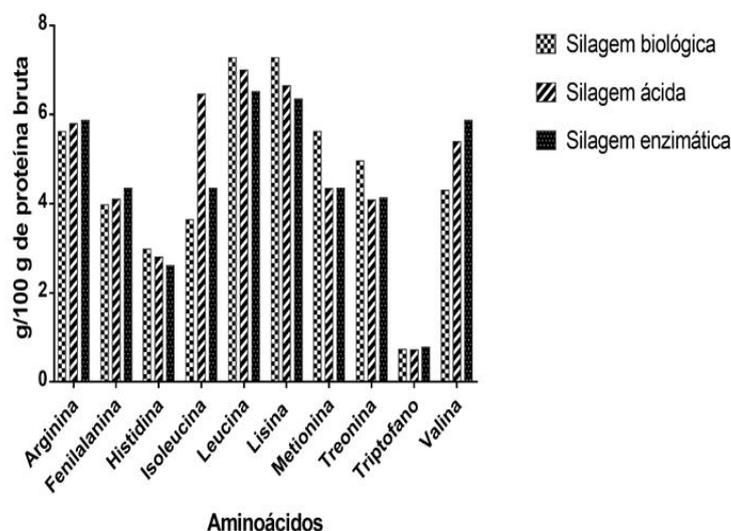
Além da utilização na alimentação animal, a silagem de pescado também pode ser utilizada como adubo orgânico, pois é rico em nutrientes, resultantes da presença de escamas, pele, couro, espinhas, colágeno, sangue, gordura, gônadas, olhos, cérebro, fígado, enzimas digestivas e carotenoides (ARRUDA, 2007).

A confecção e preservação da silagem podem ser feita através da ação de ácidos (silagem química), fermentação microbiana induzida por carboidratos (silagem biológica) ou ainda através da ação natural de enzimas do pescado ou na adição destas (silagem enzimática) (KOMPIANG, 1981). O processo de ensilagem química envolve a utilização de ácidos, como o ácido fórmico, orgânico com mineral ou somente o ácido mineral, sendo este processo responsável pela preservação do produto. A silagem microbiana trata-se da utilização de um substrato rico em proteínas e lipídeos que é o pescado e adição de carboidratos como melão, proporcionando a formação de ácido lático que é produzido por bactérias e resultando em diminuição do pH, que favorece a conservação, este processo também é conhecido como silagem biológica (MORALES-ULLOA & OETTERER, 1997).

A composição centesimal da silagem de pescado pode variar de uma espécie para outra e até entre a mesma espécie, dependendo da época do ano, tipo de alimentação, maturação gonadal e sexo (BORGHESI et al., 2007). Além destes fatores ligados a matéria-prima, a composição química do produto final, também pode ser alterada pelo processo utilizado, fato observado por Borghesi (2004), que avaliou a composição aminoacídica de silagens ácidas, biológicas e enzimáticas, como pode ser verificado na Figura 1.

Figura 1. Composição de aminoácidos de silagem

biológica, ácida e enzimática de resíduos do processamento de tilápias do Nilo



Fonte: Adaptado de Borghesi (2004).

Pesquisas demonstram resultados positivos na inclusão da silagem de pescado em dietas de peixes. Para o jundiá (*Rhamdia quelen*), a inclusão de 33% de silagem de pescado melhorou o ganho em peso e a taxa de crescimento específico (ENKE et al., 2009). Já para juvenis de piaçu (*Leporinus macrocephalus*), a suplementação com até 8% de silagem de resíduos de filetagem, não influenciou no crescimento e composição da carcaça dos animais (FERNANDES et al., 2007), podendo ser utilizada como ingrediente para formulação de dietas para essa espécie. Honczaryk & Maeda (1998) avaliaram o crescimento do pirarucu (*Arapaimas gigas*), com dietas a base de silagem biológica, elaborada com resíduos da filetagem da piramutaba (*Brachyplatystoma vaillantii*) e observaram que a silagem proporcionou bom crescimento e melhora nas características de carcaça, quando comparadas com a dieta controle.

A utilização de silagens de peixe, parcialmente desidratadas, como fontes alternativas de proteína na alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*) foi estudada por Vidotti (2001). Os valores de digestibilidade proteica (entre 74,71 e 83,43%) e de retenção proteica foram maiores que os obtidos com a dieta controle, que continha a farinha de peixe como principal fonte proteica, indicando o potencial da silagem como substituto parcial da farinha de peixe em dietas para o pacu. Borghesi (2004) determinou o coeficiente de digestibilidade aparente

dos nutrientes das silagens ácida, biológica e enzimática para tilápia do Nilo, obtendo valores de: 92,01; 89,09 e 93,66% para proteína bruta, 86,39; 84,53 e 89,09% para energia bruta, 82,52; 78,98 e 82,96% para matéria seca, 81,72; 73,99 e 80,27% para cálcio e 77,86; 79,21 e 81,46% para o fósforo, respectivamente.

Testando a digestibilidade da silagem ácida de sardinha e da farinha de peixe na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), Goddard & Al-Yahyai (2001) não encontraram diferenças significativas entre os ingredientes, mostrando o potencial do uso da silagem como substituto parcial da farinha de peixe. Fagbenro (1994) estudou o desempenho de tilápias do Nilo, alimentadas com dietas contendo silagem biológica de pescado, parcialmente desidratadas por meio da adição de farelo de soja, farinha de vísceras, farinha de penas hidrolisada ou farinha de carne e ossos, e não observou diferença entre a dieta a base de silagem e farinha de peixe.

Em concordância, Oliveira et al. (2006) não observaram diferença no desempenho de tilápias alimentadas com silagem de pescado em relação aos animais alimentados com farinha de peixe, além disso, Assano (2004) constatou que o uso de silagem de pescado apresenta menor custo que o uso de farinha de peixe e farelo de soja, sem prejudicar o desempenho de tilápias do Nilo. Trutas arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) apresentaram maior ganho de peso, taxa de eficiência proteica e digestibilidade aparente da proteína (94%), quando alimentadas com silagens ácidas (STONE et al., 1989).

A silagem de peixe também pode ser utilizada na nutrição de outras espécies, além de peixes. Na dieta de camarão (*Litopenaeus vannamei*), a silagem de peixe pode ser utilizada como alternativa a substituição da farinha de peixe sem comprometer o crescimento destes (GONÇALVES et al., 2019; SHAO et al., 2019). Ao alimentar camundongos com alimentos suplementados com silagem biológica elaborada com *Lactobacillus arizonensis*, proveniente de resíduos do processamento de *Merluccius hubbsi*, estes apresentam uma melhora na saúde e no crescimento (GÓNGORA et al., 2018).

A silagem de peixe ácida proveniente do pirarucu, pode ser utilizada como alimento alternativo em dietas para poedeiras comerciais, até o nível de 2,5% de inclusão, sem prejudicar o crescimento, o desempenho e qualidade dos ovos (BATALHA et al., 2018). A utilização da silagem química de peixes nos níveis de 5 e 10% das dietas de frangos de corte na fase inicial de vida, melhorou a conversão alimentar, porém não influenciou o ganho de peso (BOITAI et al., 2018). Já a utilização de 12% de silagem de resíduos de peixe em substituição ao farelo de soja na dieta para frangos de corte, na fase final, proporciona um melhor desempenho e qualidade da carne dessas aves (SHABANI et al., 2018), demonstrando a eficiência deste ingrediente e o potencial para utilização na avicultura.

A silagem de pescado apresenta-se, portanto, como um alimento proteico alternativo e de baixo custo na nutrição animal (ABIMORAD et al., 2009), principalmente em comparação a farinha de peixe. Porém, o que se observa na literatura disponível é que o valor biológico da silagem de pescado pode variar de acordo com a matéria-prima utilizada e de acordo com o processo utilizado na ensilagem (química, enzimática ou biológica). Além disso, a resposta positiva ou não dos animais alimentados com silagem de pescado vai depender da espécie, fase de desenvolvimento dos animais alimentados e também dos níveis de inclusão do produto.

HIDROLISADO PROTEICO DE PESCADO

Os hidrolisados proteicos de pescado são obtidos a partir do processo de hidrólise com a utilização de enzimas (RAHMAN et al., 2014), gerando um produto final que contém entre 80 e 90% de proteína bruta na matéria seca (RITCHIE & MACKIE, 1982) e elevada quantidade de aminoácidos essenciais (LEAL et al., 2010). Esse processo, porém, é considerado tecnologicamente complexo e de alto custo (MAIA JUNIOR & SALES, 2013).

A hidrólise pode ser feita com diferentes fontes de matéria-prima derivadas da indústria pesqueira, como: couro, cabeça, músculo, vísceras, fígado, carcaça e ossos (CHALAMAIAH et al., 2012). Estes resíduos são triturados, diluídos em água e homogeneizados, para a realização da inclusão das enzimas proteolíticas com aumento da temperatura

gradativamente para facilitar a ação enzimática, até a estabilização do pH, posteriormente é realizada a inativação das enzimas pelo aumento da temperatura, seguida de filtragem do hidrolisado para a retirada de resíduos que não foram degradados durante a hidrólise (VEIT, 2012).

A modificação enzimática de proteínas, utilizando enzimas proteolíticas cada vez mais específicas, vem sendo amplamente estudada com o intuito de agregar valor ao pescado de baixo valor comercial, geralmente descartado pela indústria ou empregado para fins não alimentícios (KRISTINSSON & RASCO, 2000). Essa modificação (de estrutura da proteína) é empregada para melhorar as propriedades funcionais, proporcionando maior digestibilidade (ZAVAREZE et al., 2009). Os hidrolisados se diferem de outras fontes proteicas oriundas de resíduos de pescado pelo seu balanceamento de peptídeos e aminoácidos, resultando num produto (hidrolisado) com maior capacidade de retenção de água, absorção de óleos e solubilidade de proteína (CHALAMIAH et al., 2010), possibilitando assim sua utilização tanto na dieta animal quanto humana (FURLAN & OETTERER, 2002).

A digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e energia bruta para alevinos de tilápia do Nilo, alimentados com hidrolisado de resíduos de tilápia e sardinha, foram respectivamente, 98,29, 99,28 e 99,13% (SILVA et al., 2017), evidenciando a qualidade do produto que esse processo proporciona. Além disso, os hidrolisados proteicos de pescado apresentam um bom equilíbrio de aminoácidos essenciais e aumentam a palatabilidade da dieta, sendo dessa forma um ingrediente de potencial utilização na indústria fabricante de rações para animais, em especial para indústria pet e para rações aquícolas (FOLADOR et al., 2006; SILVA et al., 2014).

O uso do hidrolisado proteico de peixe teve efeito positivo sobre o crescimento de larvas de salmão do Atlântico (BERGE & STOREBAKKEN, 1996) e melhoras nas taxas de crescimento e na aceitação das dietas em estudos com alevinos de tilápia do Nilo, podendo desta maneira caracterizá-lo (hidrolisado proteico de peixe) como um atrativo alimentar natural (PLASCENCIA-JATOMEA et al.,

2002). O qual é confirmado por Broggi et al. (2017), que também concluíram que o hidrolisado proteico de resíduo de sardinha (*Sardinella sp.*) serve como atrativo alimentar para juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*). Já em estudos com larvas de robalo (*Dicentrarchus labrax*), houve maior crescimento, sobrevivência e desenvolvimento intestinal nos animais alimentadas com dietas contendo 10% de hidrolisado de pescado (KOTZAMANIS et al., 2007). Ainda, na alimentação de peixes, a suplementação do hidrolisado de atum se mostrou como uma estratégia para melhorar o desempenho produtivo e a saúde em juvenis de *Lates calcarifer* (SIDDIK et al., 2019).

Os hidrolisados proteicos de pescado tem grande potencial para uso na nutrição animal. Atualmente o principal empecilho deve estar relacionado com o alto custo de produção. Portanto necessita-se de mais estudos voltados a real utilização desse ingrediente nas dietas de animais e no aprimoramento de técnicas para a produção do material.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aproveitamento adequado dos resíduos gerados no processo de beneficiamento do pescado é uma necessidade do setor aquícola, pois além de mitigar os danos ambientais causados pelo descarte indevido desses resíduos, há uma possibilidade de agregação de valor desses subprodutos. A agregação de valor sobre os subprodutos melhora o retorno financeiro das indústrias de beneficiamento e daquelas responsáveis pela fabricação de rações para nutrição animal, que pode ter à disposição produtos de boa qualidade nutricional como alternativa.

Subprodutos da indústria pesqueira como óleos, farinhas, silagens e hidrolisados de peixes, são alternativas interessantes para nutrição de diferentes espécies animais. Estudos que visem um melhor aproveitamento desses resíduos oriundos do beneficiamento do pescado são necessários, para que esse setor produtivo, que é a aquicultura continue em desenvolvimento sem prejudicar o ambiente com possíveis descartes de resíduos, e também para que o pescado produzido seja utilizado por inteiro, agregando valor em toda cadeia produtiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMORAD, E. G.; STRADA, W. L.; SCHALCH, S. H. C.; GARCIA, F.; CASTELLANI, D.; MANZATTO, M. R. Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nilo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 44(5): 519-525, 2009.
- ADEOTI, I. A.; HAWBOLDT, K. A review of lipid extraction from fish processing by-product for use as a biofuel. **Biomass and bioenergy**. 63: 330-340, 2014.
- AGUIAR, G. P. S.; GOULART, G. A. S. Produção de óleo e farinha a partir de coprodutos de pescado provenientes da bacia Tocantins-Araguaia. **Interdisciplinar: Revista Eletrônica da UNIVAR**. 1 (11): 67-71, 2014.
- AGUIAR, G. P. S.; GOULART, G. A. S. Utilização de material residual da indústria de pescado para obtenção de óleo e farinha. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**. 7 (4): 55-60, 2013.
- AGUIAR, G. P. S.; LIMBERGER, G. M.; SILVEIRA, E. L. Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos provenientes da industrialização de pescados. **Interdisciplinar: Revista Eletrônica UNIVAR**. 1 (11): 229-225, 2014.
- ALMEIDA, O. C.; FERRAZ JR, M. V. C.; SUSIN, I.; GENTIL, R. S.; POLIZEL, D. M.; FERREIRA, E. M.; BARROSO, J. P. R.; PIRES, A. V. Plasma and milk fatty acid profiles in goats fed diets supplemented with oils from soybean, linseed or fish. **Small Ruminant Research**. 170: 125-130, 2019.
- ARAUJO, M. S.; BARRETO, S. L. T.; GOMES, P. C.; DONZELE, J. L.; OLIVEIRA, W. P.; VALERIANO, M. H. Composição química e valor energético de alimentos de origem animal utilizados na alimentação de codornas japonesas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 40 (2): 331-335, 2011.
- ARRUDA, L. F. Silagem ácida – Uma tecnologia alternativa para aproveitamento do resíduo do processamento do pescado. Instituto de Pesca, Laboratório de Tecnologia do Pescado, São Paulo – SP, 2007.
- ASSANO, M. **Utilização de diferentes fontes e níveis de proteína no crescimento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Jaboticabal, Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, p. 35, 2004.
- BAHNAMIRI, H. Z.; GANJKHANLOU, M.; ZALI, A.; YANG, W. Z. Effect of fish oil supplementation and forage source on Holstein bulls performance, carcass characteristics and fatty acids profile. **Italian Journal of Animal Science**. 18: 20-29, 2019.
- BATALHA, O. S.; ALFAIA, S. S.; CRUZ, F. G. G.; JESUS, R. S.; RUFINO, J. P. F.; SILVA, A. F. Pirarucu By-Product Acid Silage Meal in Diets for Commercial Laying Hens. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**. 20: 371-376, 2018.
- BEERLI, E. L.; BEERLI, K. M. C.; LOGATO, P. V. R. Silagem ácida de resíduos de truta (*Oncorhynchus mykiss*), com a utilização de ácido muriático. **Ciência e Agrotecnologia**. 28 (1): 196-200, 2004.
- BERGE, G. M.; STOREBAKKEN, T. Fish protein hydrolyzate in starter diets for Atlantic salmon (*Salmo salar*) fry. **Aquaculture**. 145: 205-212, 1996.
- BEZERRA, R. S.; SANTOS, J. F.; PAIVA, P. M. G.; CORREIA, M. T. S.; COELHO, L. C. B. B.; VIEIRA, V. L. A.; CARVALHO, J. R. L. B. Partial purification and characterization of thermostable trypsin from pyloric caeca of tambaqui (*Colossoma macropomum*). **Journal of Food Biochemistry**. 25: 199-210, 2001.
- BOELTER, J. F.; PEREIRA, A. C. S. C.; PRADO, J. P. S.; SOBRINHO, D. C.; MOTTA, A. L. V.; CAVALHEIRO, J. M. O. Caracterização química e perfil aminoacídico da farinha de Silagem de resíduos de sardinha. **BIOFAR**. 5 (1): 86-92, 2011.
- BOITAI, S. S.; BABU, L. K.; PATI, P. K.; PRADHAN, C. R.; TANUJA, S.; KUMAR, A.; PANDA, A. K. Effect of dietary incorporation of fish silage on growth performance, serum biochemical parameters and carcass characteristics of broiler chicken. **Indian Journal Of Animal Research**. 52: 1005-1009, 2018.
- BORGHESI, R. **Avaliação físico-química, nutricional e biológica das silagens ácida, biológica e enzimática elaboradas com descarte e resíduo do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. Piracicaba, Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição, Universidade

- de São Paulo, p.96, 2004.
- BORGHESI, R.; ARRUDA, L.F.; OETTERER, M. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. **Boletim CEPPA**. 25 (2): 329-339, 2007.
- BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A. Industrialização de tilápias. Toledo: GFM Gráfica & Editora. 2007. 117p.
- BROGGI, J. A.; WOSNIAK, B.; UCZAY, J.; PESSATTI, M. L.; FABREGAT, T. E. H. P. Hidrolisado proteico de resíduo de sardinha como atrativo alimentar para juvenis de jundiá. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 69 (2), 2017.
- BRUM, A. A. S.; OETTERER, M.; D'ARCE, M. A. B. R. Óleo de pescado como suplemento dietético. **Revista de Ciência & Tecnologia**. 10 (19): 71-78, 2002.
- BUTOLO, J. E. Qualidade de ingredientes na alimentação animal. Campinas: Colégio Brasileiro de Alimentação Animal, 2002. 430 p.
- CHALAMAIAH, M.; NARSING RAO, G.; RAO, D. G.; JYOTHIRMAYI, T. Protein hydrolysates from meriga (*Cirrhinus mrigala*) egg and evaluation of their functional properties. **Food Chemistry**. 120: 652-657, 2010.
- CHALAMAIAH, M.; KUMAR, B. D.; HEMALATHA, R.; JYOTHIRMAYI, T. Fish protein hydrolysates: Proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: A review. **Food Chemistry**. 135: 3020-3038, 2012.
- CHEN, S.; ZHUANG, Z.; YIN, P.; CHEN, X.; ZHANG, Y.; TIAN, L.; NIU, J.; LIU, Y. Changes in growth performance, haematological parameters, hepatopancreas histopathology and antioxidant status of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) fed oxidized fish oil: Regulation by dietary myo-inositol. **Fish and Shellfish Immunology**. 88: 53-64, 2019.
- CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. Bioquímica de pescados e derivados. Jaboticabal: FUNEP. 1994. 409p.
- ENKE, D. B. S.; LOPES, P. S.; KICH, H. A.; BRITTO, A. P.; SOQUETTA, M.; POUHEY, J. L. O. F. Utilização de farinha de silagem de pescado em dietas para jundiá na fase de juvenil. **Ciência Rural**. 39 (3): 871-877, 2009.
- EYNG, C.; NUNES, R. V.; POZZA, P. C.; SILVA, W. T. M.; NAVARINI, F. C.; HENZ, J. R. Farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias em rações para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 39 (12): 2670-2675, 2010.
- FAGBENRO, O. A. Dried fermented fish silage in diets for *Oreochromis niloticus*. **The Israeli Journal of Aquaculture**. 46 (3): 140-147, 1994.
- FALCH, E.; RUSTAD, T.; AURSAND, M. By-products from gadiform species as raw material for production of marine lipids as ingredients in food or feed. **Process Biochemistry**. 41: 666-674, 2006.
- FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. The state of world fisheries and aquaculture. In F. F. a. A. Department (Ed.), Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FARIA, A. C. E. A.; HAYASHI, C.; GALDIOLI, E. M.; SOARES, C. S. Farinha de peixe em rações para alevinos de tilápia do Nilo, *Oreochromis niloticus* (L.), linhagem tailandesa. **Acta Scientiarum. Animal Science**. 23 (4): 903-908, 2001.
- FERNANDES, J. B. K.; BUENO, R. J.; RODRIGUES, L. A.; FABREGAT, E. H. P.; SAKAMURA, N. K. Silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápias em rações de juvenis de piauçu (*Leporinus macrocephalus*). **Acta Scientiarum. Animal Science**. 29 (3): 339-344, 2007.
- FOLADOR, J. F.; KARR-LILIENTHAL, L. K.; PARSONS, C. M.; BAUER, L. L.; UTTERBACK, P. L.; SCHASTEEN, C. S.; BECHTEL, P. J.; FAJEY, G. C. Fish meals, fish components, and fish protein hydrolysates as potential ingredients in pet foods. **Journal of Animal Science**. 84: 2752-2765, 2006.
- FRACALOSSO, D. M.; CYRINO, J. E. P. NUTRIAQUA – Nutrição e alimentação de espécies de interesse para a aquicultura brasileira. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Aquicultura e Biologia Aquática, 2012, 375p.
- FURLAN, E. F.; OETTERER, M. Hidrolisado protéico de pescado. **Revista de Ciência e Tecnologia**. 2002; 10: 79-89.
- GALDIOLI, E. M.; HAYASHI, C.; FARIA, A. C. E. A.; SOARES, C. Substituição parcial e total da farinha de peixe pelo farelo de soja em dietas para alevinos de piauçu, *Leporinus macrocephalus*. **Acta Scientiarum. Animal Science**. 23 (4): 835-840, 2001.

- GODDARD, J. S.; AL-YAHYAI, D. S. S. Chemical and nutritional characteristics of dried sardine silage. **Journal of Aquatic Food Product Technology**. 10 (4): 39-50, 2001.
- GONÇALVES, A. A.; EMERENCIANO, M. G. C.; RIBEIRO, F. A. S.; SOARES NETO, J. R. The inclusion of fish silage in *Litopenaeus vannamei* diets and rearing systems (biofloc and clear-water) could affect the shrimp quality during subsequent storage on ice?. **Aquaculture**. 507: 493-499, 2019.
- GÓNGORA, H. G.; MALDONADO, A. A.; RUIZ, A. E.; BRECCIA, J. D. Supplemented feed with biological silage of fish-processing wastes improved health parameters and weight gain of mice. **Engineering in Agriculture**. 11 (3): 153-157, 2018.
- GRUNENVALDT, F. L.; CREXI, V. T.; PINTO, L. A. A. Refino de óleos de pescado provenientes dos processos de silagem ácida e termomecânico de produção de farinha. VI Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Rio Grande-RS, 2005.
- GUERRA-SEGURA, J. **Extração e caracterização de óleos de resíduos de peixes de água doce**. Pirassununga, Dissertação (Mestrado – Engenharia de Alimentos), Universidade de São Paulo, 2012.
- HAARD, N.F.; KARIEL, N.; HERZBERG, G.; FELTHAM, L.A.W.; WINTER, K. Stabilization of protein and oil in fish silage for use as a ruminant feed supplement. **Journal of Science Food and Agriculture**. 36 (4): 229-241, 1985.
- HILBIG, C. C. **Fontes lipídicas e ácidos graxos essenciais no desenvolvimento ovariano e desempenho reprodutivo de jundiás *Rhamdia quelen***. Tese (Doutorado em Aquicultura), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 2015.
- HONCZARYK, A.; MAEDA, L. S. Crescimento do pirarucu, *Arapaima gigas*, utilizando dieta à base de ensilado biológico de pescado. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE AQUICULTURA, 10., Recife. Anais... Recife: Persona, v. 2, p. 93-100, 1998.
- KOMPIANG, I. P. Fish silage: its prospect and future in Indonesia. **Indonesia Agriculture Research & Development Journal**. 3 (1): 9-12, 1981.
- KOTZAMANIS, Y. P.; GISBERT, E.; GATESOUBE, F. J.; ZAMBONINO INFANTE, J.; CAHU, C. Effects of different dietary levels of fish protein hydrolysates on growth, digestive enzymes, gut microbiota, and resistance to *Vibrio anguillarum* in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**. 47: 205-214, 2007.
- KRISTINSSON, H. G.; RASCO, B. A. Kinetic of the hydrolysis of atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins by alkaline proteases and a visceral serine protein. **Process Biochemistry**. 36: 131-139, 2000.
- LEAL, A. L. G.; CASTRO, P. F.; LIMA, J. P. V.; SOUZA CORREIA, E.; SOUZA BEZERRA, R. Use of shrimp protein hydrolysate in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*, L.) feeds. **Aquaculture International**. 18: 635-646, 2010.
- MAIA JUNIOR, W. M.; SALES, R. O. Propriedades Funcionais da Obtenção da Silagem Ácida e Biológica de Resíduos de Pescado. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**. 7 (2): 126-156, 2013.
- MORAIS, C., MARTINS, J. Considerações sobre o aproveitamento de sobras da industrialização de pescado na elaboração de produtos alimentícios. **Bol. ITAL**. 18: 253-281, 1981.
- MORALES-ULLOA, D. F.; OETTERER, M. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinha. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 17 (3): 252-258, 1997.
- NOVRIADI, R.; SALZE, G.; ABEBE, A.; HANSON, T.; DAVIS, D. A. Partial or total replacement of fish meal in the diets of Florida pompano *Trachinotus carolinus*. **Aquaculture Research**. 50: 1527-2538, 2019.
- OLIVEIRA, M. M.; PIMENTA, M. E. S. G.; PIMENTA, C. J.; CAMARGO, A. C. S.; FIORINI, J. E.; LOGATO, P. V. R. Digestibilidade e desempenho de alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentados com dietas contendo diferentes níveis de silagem ácida de pescado. **Ciência e Agrotecnologia**. 30: 1196-1204, 2006.
- PLASCENCIA-JATOMEA, M.; OLVERA-NOVOA, M. A.; ARREDONDO-FIGUEROA, J. L.; HALL, G. M.; SHIRAI, K. Feasibility of fishmeal replacement by shrimp head silage protein hydrolysate in Nile

- tilapia (*Oreochromis niloticus* L) diets. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 82: 753-759, 2002.
- RAHMAN, U., SAHAR, A., KHAN, M. A. Recovery and utilization of effluents from meat processing industries. **Food Research International**. 65: 322-328, 2014.
- RIBEIRO, P. A. P.; LOGATO, P. V. R.; PAULA, D. A. J.; COSTA, A. C.; MURGAS, L. D. S.; FREITAS, R. T. F. Efeito do uso de óleo na dieta sobre a lipogênese e o perfil lipídico de tilápias-do-nylo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 37 (8): 1331-1337, 2008.
- RITCHIE, A. H.; MACKIE, I. M. Preparation of Fish Protein Hydrolyzates. **Animal Feed Science and Technology**. 7: 125-233, 1982.
- ROSSATO, S.; PRETTO, A.; FREITAS, I. L.; BATTISTI, E. K.; LAZZARI, R.; RADÜNZ, J. Incorporação de farinhas de resíduos de Jundiá na dieta: bioquímica plasmática, parâmetros hepáticos e digestivos. **Ciência Rural**. 43 (6): 1063-1069, 2013.
- ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P. .C; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R. F. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3ª edição. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, p.488, 2011.
- SANCHES, E. G.; SILVA, F. C.; LEITE, J. R.; SILVA, P. K. A.; KERBER, C. E.; SANTOS, P. A. A incorporação de óleo de peixe na dieta pode melhorar o desempenho da garoupa-verdadeira *Epinephelus marginatus*?. **Boletim do Instituto da Pesca**. 40: 147-155, 2014.
- SEIBEL, N. F.; SOUZA-SOARES, L. A. Production of chemical silage from marine fish residue. **Brazilian Journal of Food Technology**. 6 (2): 333-337, 2003.
- SHABANI, A.; BOLDAJI, F.; DASTAR, B.; GHOORCHI, T.; ZEREHDARAN, S. Preparation of fish waste silage and its effect on the growth performance and meat quality of broiler chickens. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. (98): 4097-4103, 2018.
- SHAO, J.; JIANG, K.; WANG, L. *Litopenaeus vannamei* fed diets with different replacement levels of fish meal by fish silage: A molecular approach on intestinal microbiota. **Aquaculture Nutrition**. 25: 721-728, 2019.
- SHIRAI, K.; GUERRERO, I.; HUERTA, S.; SAUCEDO, G.; CASTILLO, A.; GONZALEZ, R. O.; HALL, G. M. Effect of initial glucose concentration and inoculation level of lactic acid bacteria in shrimp waste ensilation. **Enzyme and Microbial Technology**. 28: 446-452, 2001.
- SIDDIK, M. A. B.; HOWIESON, J.; FOTEDAR, R. Beneficial effects of tuna hydrolysate in poultry by-product meal diets on growth, immune response, intestinal health and disease resistance to *Vibrio harveyi* in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*. **Fish and Shellfish Immunology**. 89:61-70, 2019.
- SILVA, J. F. X.; RIBEIRO, K.; SILVA, J. F.; CAHÚ, T. B.; BEZERRA, R. S. Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate. **Animal Feed Science and Technology**. 196: 96-106, 2014.
- SILVA, T. C.; ROCHA, J. D. A. M.; MOREIRA, P.; SIGNOR, A.; BOSCOLO, W. R. Hidrolisado proteico de peixe em dietas para pós-larvas de tilápia-do-nylo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 57 (7): 2017.
- SILVA JÚNIOR, R. F.; NOVA, W. V.; FARIAS, J. L.; COSTA-BONFIM, C. N.; TESSER, M. B.; DRUZIAN, J. I.; CORREIA, E. S.; CAVALLI, R. O. Substituição do óleo de peixe por óleo de soja em dietas para beijupirá (*Rachycentron canadum*). **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**. 63 (4): 980-987, 2011.
- STONE, F. E.; HARDY, R.W.; SHEARER, K. D.; SCOTT, T. M. Utilization of fish silage by rainbow trout (*Salmo gairdineri*). **Aquaculture**. 76: 109-118, 1989.
- STRINGUETTA, L. L.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; SOUZA, B. E.; MANSKE, C.; OLIVEIRA, C. L. Inclusão de farinha de resíduos da indústria de filetagem de tilápias na alimentação de girinos de rã-touro (*Rana Catesbeiana Shaw,1802*). **Semina: Ciências Agrárias**. 28 (4): 747-752, 2007.
- TACON, A. G. J. Trends in Aquaculture production with particular reference to low income food deficit Countries 1984-1993. **Food Aquaculture**. 12: 6-9, 1996.
- TURCHINI, G. M.; TORSTENSEN, B. E.; NG, W. K. Fish oil replacement in finfish nutrition.

- Reviews in Aquaculture.** 1: 10-57, 2009.
- VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; PEREIRA, H. S.; PILOTTO, V. T. Compostagem na gestão de resíduos de pescado de água doce. **Boletim do Instituto da Pesca.** 40 (1): 95-103, 2014.
- VEIT, J. C. **Desenvolvimento e caracterização centesimal, microbiológica e sensorial de hidrolisados protéicos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).** Toledo, Dissertação (Mestrado em Recursos Pesqueiros e Engenharia de Pesca), UNIOESTE, 72p. 2012.
- VIDOTTI, R. M. **Produção e utilização de silagens de peixe na nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*).** Jaboticabal, Tese (Doutorado em Aquicultura), Universidade Estadual Paulista, 65p. 2001.
- XU, W. J.; JIN, J. Y.; ZOU, T.; HAN, D.; LIU, H. K.; ZHU, X. M.; YANG, Y. X.; XIE, S. Q. Growth, feed utilization and metabolic responses of three gibel carp (*Carassius gibelio*) strains to fishmeal and plant proteinbased diets. **Aquaculture Nutrition.** 25: 319-332, 2019.
- ZAVAREZE, E. R.; SILVA, C. M.; MELLADO, M. S.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Funcionalidade de hidrolisados proteicos de cabrinha (*Prionotus punctatus*) obtidos a partir de diferentes proteases microbianas. **Química Nova.** 32: 1739-1743, 2009.