

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA DA AMAZÔNIA–INPA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO-PPGATU

**SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUOS DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*,
SCHINZ 1822) NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS
COMERCIAIS LEVES**

OSCARINA DE SOUZA BATALHA

Manaus-AM
2017

OSCARINA DE SOUZA BATALHA

**SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUOS DE PIRARUCU (*Arapaima gigas*,
SCHINZ 1822) NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS
COMERCIAIS LEVES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Agrárias.

Orientadora: Dra. Sonia Sena Alfaia

Coorientador: Dr. Frank George Guimarães Cruz

Coorientador: Dr. Rogério Souza de Jesus

Manaus-AM
2017

FICHA CARTOGRÁFICA

Ficha cartográfica preparada pela biblioteca do INPA

B328 Batalha, Oscarina de Souza

Silagem ácida de resíduos de pirarucu *Arapaima gigas* (SCHINZ 1822) na alimentação de poedeiras comerciais leves / Oscarina de Souza Batalha. --- Manaus: [s.n.], 2017.

78 f.: il.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2017.

Orientador: Sonia Sena Alfaia

Coorientador: Frank George Guimarães Cruz

Coorientador: Rogério Souza de Jesus

Área de concentração: Agricultura no Trópico Úmido

1. Alimento alternativo. 2. Nutrientes. 3. Resíduos de Pirarucu. I. Título.

CDD 597.47

Sinopse:

Este estudo foi realizado para avaliar o efeito da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu, sob os parâmetros de digestibilidade, desempenho de poedeiras, qualidade e análise sensorial de ovos.

Palavras chaves: Alimento alternativo - Nutrientes – Resíduos de Pirarucu I

Folha de aprovação

A Banca Julgadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

TÍTULO: "SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUOS DE PIRARUCU
(*Arapaima gigas*, SCHINZ 1822) NA ALIMENTAÇÃO DE
POEDEIRAS COMERCIAIS LEVES"

AUTOR(A):

OSCARINA DE SOUZA BATALHA

BANCA JULGADORA:



Dr. CARLOS VICTOR LAMARÃO PEREIRA (UFAM)
(Membro)



Dr. FELIPE FACCI NI DOS SANTOS (UFAM)
(Membro)



Dr. ANTÔNIO JOSÉ INHAMUNS DA SILVA (UFAM)
(Membro)

Manaus, 20 de abril de 2017

Dedico,

Aos meus pais Orestes e Natalina Batalha, que construíram um lar maravilhoso para
seus filhos.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por estar sempre guiando os meus passos.

À minha família que sempre esteve comigo, pelo companheirismo, amor e carinho.

Aos meus Orientadores, Dra. Sonia Sena Alfaia, Dr. Frank George Guimarães Cruz e Dr. Rogério de Jesus, pela oportunidade, confiança, atenção e orientação, que foram fundamentais em todos os momentos.

À FAPEAM-Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, pela bolsa concedida.

Ao programa de Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido.

À minha querida técnica do Laboratório de Tecnologia do Pescado da COTI-INPA, Aparecida Bitencourt pela ajuda nas análises laboratoriais.

Aos queridos Emanuel Leite e Lenoir Santos pelo apoio no início do projeto.

Aos bons de coração Emmaluelle Moraes, Filipe Leite e Vaneza de Sá, pela colaboração nos momentos que mais precisei.

À Família Frank Cruz, Ana Paula Costa, André Silva, Brenna Freitas, Cristiane Guimarães, Francisco Chaves, Jadilson Barroncas, Julmar Feijó, João Paulo Rufino, Lucas Melo, Natalia Santos, Ramon Melo e Valcely Costa.

Muito Obrigada!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Pirarucu (<i>Arapaima gigas</i> , Schinz 1822)	15
2.1.2 Produção e Comercialização	17
2.1.3 Rendimento do pirarucu	18
2.2 Silagem de pescado	19
2.2.1 Histórico	19
2.2.2 Princípios e métodos de elaboração da silagem de pescado.....	20
2.3 Silagem biológica de pescado.....	21
2.4 Silagem ácida de pescado	23
2.4.1 Ácidos orgânicos na elaboração de silagem	23
2.4.2 Composição nutricional da silagem ácida	25
2.5 Digestibilidade de silagem de pescado	27
2.5.1 Efeito da silagem de pescado na alimentação de aves.....	28
3. REFERÊNCIAS	30
4. OBJETIVOS.....	36
4.1 Geral	36
4.2 Específicos.....	36
CAPÍTULO I.....	37
CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE DA FARINHA DE SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUO DE PIRARUCU EM RAÇÕES DE POEDEIRAS COMERCIAIS LEVES	37
RESUMO	38
ABSTRACT	39
1. INTRODUÇÃO.....	40
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	41
2.1 Local da área de estudo	41
2.2 Condução do Experimento	42
2.2.1 Matéria-prima	42
2.2.2 Produção da silagem ácida	42
2.3 Composição química	44
2.4 Experimento de metabolização em poedeiras leves	44

2.5 Análises estatísticas	47
3.RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
4.CONCLUSÃO.....	56
5.REFERÊNCIAS.....	56
CAPÍTULO II.....	60
DESEMPENHO, QUALIDADE E ANÁLISE SENSORIAL DE OVOS DE POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM FARINHA DE SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUOS DE PIRARUCU	60
RESUMO	61
ABSTRACT	62
1. INTRODUÇÃO.....	63
2.MATERIAL E MÉTODOS.....	64
2.1 Parâmetros Estudados no Desempenho Zootécnico.....	67
2.2 Parâmetros de Qualidade do Ovo	68
2.3 Análise sensorial dos ovos.....	70
2.4 Análise Estatística	71
3.CONCLUSÃO.....	79
4.REFERÊNCIAS.....	79

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1. Composição das rações experimentais de controle e contendo 3 % silagem ácida de resíduo de pirarucu.....	40
Tabela 2. Valores de pH dos resíduos de pirarucu e da silagem ácida.....	43
Tabela 3. Composição química dos resíduos e da silagem ácida de pirarucu.....	45
Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da ração referência e da ração experimental, contendo 3% de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu para poedeiras leves.....	48
Tabela 5. Energia metabolizável aparente (EMa) e coeficiente de metabolização da energia metabolizável aparente (CMEMa) da ração controle e da ração experimental (contendo 3% de farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu-FSARP) para poedeiras leves.....	50

CAPÍTULO II

Tabela 1. Composição química da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu....	61
Tabela 2. Formulações de rações experimentais níveis de inclusão de silagem ácida de resíduos de pirarucu em dietas de poedeiras leves.....	62
Tabela 3. Consumo de ração (CR), percentagem de postura (PERCP), massa de ovo (MO), conversão alimentar quilo de ração por quilo de ovo produzido (CA, kg/kg) e conversão alimentar quilo de ração por dúzia de ovo produzido (CA, kg/dz).....	67
Tabela 4. Peso do ovo (PO), percentagem de albúmen (PERA), percentagem de gema (PERG), percentagem de casca (PERC), altura do albúmen (AA), altura da gema (AG), espessura da casca (EC), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH) e pigmentação da gema (PG) de ovos de poedeiras leves.....	70
Tabela 5. Aroma (ARO), Cor (COR), Sabor (SAB) e Aparência (APA) de ovos oriundos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de silagem química de pirarucu (%).....	73

LISTA DE FIGURA

CAPÍTULO I

Figura 1. Fluxograma para obtenção da silagem ácida.....	37
--	----

1. INTRODUÇÃO GERAL

Atualmente a produção avícola, corte e postura, é reconhecida como uma atividade econômica internacionalizada, uniforme e sem fronteira geográfica. Nas rações destinadas a alimentação animal, destaca-se o milho e o farelo de soja como as matérias primas tradicionais utilizadas em suas formulações e que chegam a corresponder cerca de 70% dos custo de produção. Neste contexto, a busca por ingredientes alternativos, principalmente os de fonte energéticas e proteicas, para suprir a falta de tais ingredientes nos períodos sazonais vem se tornando mais frequente.

Sob o ponto de vista ambiental surge a preocupação em dar destino adequado aos resíduos sólidos gerados diariamente através do beneficiamento do pescado nos entreposto de produção. De acordo com Feltes *et al.* (2010) os resíduos gerados pela agroindústria de pescado são destinados principalmente a alimentação animal por serem ricos em proteínas e ácidos graxos da série ômega-3.

Dentre os métodos para utilizar os resíduos do pescado na alimentação animal, a silagem de peixe destaca-se por oferece vantagens econômicas, pois exige tecnologia simples e independente de escala (Hisano *et al.* 2012), além de utilizar material de baixo custo operacional para a transformação dos materiais residuais em produtos de alta qualidade nutricional e que pode minimizar os problemas com a poluição ambiental, bem como, servir de ingrediente na formulação de rações.

O projeto Bacalhau da Amazônia proporcionou a construção de um entreposto de pescado no município de Marã - Amazonas, especializada na produção de pescado salgado seco, é utilizando principalmente a espécie pirarucu (*Arapaima gigas*). Atualmente, uma grande parte do pirarucu da Reserva de Desenvolvimento Sustentável de Mamirauá é processado na Unidade de Beneficiamento de Pescado de Marã.

Em 2014 foram processados na Unidade de Beneficiamento de Pescado de Maraã 2.490 unidades, gerando um total de aproximadamente 155 toneladas de pirarucu *in natura*, dos quais, aproximadamente 30% foram tratados como resíduos. Como forma de fazer o aproveitamento residual do pescado, a produção de silagem surge como uma alternativa para fazer a transformação dos resíduos do pirarucu em excelentes fontes de proteínas com altas propriedades biológicas para ser incluída na alimentação de animais monogástricos.

O presente estudo encontra-se dividido em dois capítulos. O primeiro refere-se as características físico-química e digestibilidade da farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu em rações de poedeiras comerciais leves; e o segundo traz o desempenho, qualidade e análise sensorial de ovos de poedeiras comerciais leves alimentadas com farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu.

1. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822)

O *Arapaima gigas*, popularmente conhecido como pirarucu (figura 1), são peixes de grande porte que possuem ampla distribuição na bacia hidrográfica Amazônica, seu habitat exclusivo. Pertence à ordem: Osteoglossiforme (língua óssea), família: Arapaimatidae, gênero: *Arapaima*, espécie: *Arapaima gigas*, Schinz 1822.



Figura 1. *Arapaima gigas*, o pirarucu da Amazônia.

Caracteriza-se por apresenta cabeça achatada e ossificada, corpo alargado e longo, com escamas grossas cicloidais e língua óssea, empregada como lixa (Oliveira 2007). As nadadeiras dorsal e caudal situam-se na extremidade posterior do corpo. Sua coloração é escura com regiões vermelhas, principalmente na região da cauda (Mueller e Green 2005). Possui dois aparelhos respiratórios que são compostos pelas brânquias (respiração aquática), e a bexiga natatória modificada para funcionar como pulmões na respiração aérea, que o faz emergir a cada 10-20 minutos. Quando adulto, pode medir entre dois a três metros de comprimento e pesar 200 kg (Ono *et al.* 2004).

Seu comportamento reprodutivo envolve a formação de casais monogâmicos, cuidado parental, construção de ninhos sobre o substrato de lagos, viveiros e possui desova parcelada (Cavero e Fonseca 2016). As desovas, na Amazônia Central estão mais concentradas nos meses de outubro a março e na Amazônia Ocidental, devido à diferença do regime hídrico, as desovas concentram-se de janeiro a maio, coincidindo com o início das chuvas (Ono *et al.* 2004).

Outras características zootécnicas importantes que chamam atenção para essa espécie, são: fácil adaptação ao consumo de alimentos e rações comerciais balanceadas, carne magra de alta qualidade e livre de espinhas intramusculares, alto rendimento de filé, elevada demanda de mercado e, quando criado em cativeiro com um ano alcança 10 kg de engorda (Ono e Kehdi 2013).

Diversos trabalhos enfocando sua biologia (Galvão de Lima e Batista 2012), reprodução em cativeiro (Pedroza Filho *et al.* 2016) e nutrição (Rodrigues *et al.* 2015) são realizados a fim de conhecer as suas características em sistemas de cultivo.

2.1.2 Produção e Comercialização

De acordo com a FAO (2016) a produção mundial estimada de pescado em 2015 foi de 158 milhões de toneladas de peixe e desta produção foram utilizadas 136,2 milhões de toneladas como alimento pelas populações ao redor do mundo.

Com relação a produção mundial, proveniente tanto da pesca extrativa quanto a aquicultura, o Brasil contribuiu com 1.240.813 toneladas, ocupando o 18º lugar no ranking geral e ficando na 17ª posição do ranking aquícola mundial, com uma produção de 415.649 toneladas em 2009 (Brasil 2010). O Brasil conta com três mil espécies de peixes, dos quais um grande número com potencial para a utilização dentro da piscicultura como o dourado, jaú, matrinxã, piau, pintado, pirarucu, jandiá e o tambaqui (Brasil 2014).

A região Norte do Brasil liderou a pesca extrativa continental em 2011, com uma produção de 137.144,5 toneladas, que representou 55% da produção nacional. A produção pesqueira no Estado do Amazonas, embora tenha uma redução de cerca de 10% em relação 2010, se manteve como a mais expressiva, com 63.743,3 toneladas, representando 40,3% do total capturado, seguido pelos estados do Pará (55.402,7 toneladas) e do Maranhão com 25.743,5 toneladas, respectivamente (Brasil 2013).

O pirarucu tem sido explorado na bacia Amazônica desde o século XVIII, onde a sua comercialização era feita, e até nos dias atuais, em posta salgadas secas para ser usado como substituto do bacalhau (Mueller e Green 2005). Sua comercialização na forma salgada foi abundante nas proximidades dos principais centros de consumo, como Manaus/AM e Santarém/PA, até na década de 60 e em Belém/PA, algumas empresas de porte pequeno e estabelecimentos comercializavam o pirarucu seco-salgado (Imbiriba 2001).

Devido à intensa exploração comercial, a população de pirarucu entrou em declínio, diante desse problema, o IBAMA através da Portaria 039 de 02/12/1987, estabeleceu o tamanho mínimo de captura de 1,50 metros, que dá a possibilidade para os indivíduos atingirem a maturidade sexual e condições reprodutivas. Por meio da Portaria 480 de 15/03/1991, proibem a captura da espécie durante o período de 01 de dezembro a 31 de maio em toda a região Amazônica, rio Araguaia e rio Tocantins.

A pesca do pirarucu em regime de manejo iniciou em 2002, crescendo exponencialmente ao longo de 11 anos, saindo de uma produção de 45,542 toneladas para uma produção em 2013 de 1.266, 457 toneladas e em 2015 de 1.656,00 toneladas. Também no que se relaciona ao ambiente de pesca, passou de três áreas e três municípios em 2002 para 19 áreas de captura localizada em 13 municípios (Sepror 2015).

Cavero e Fonseca (2016) argumentam que tanto o pirarucu de cativeiro quanto o de áreas manejadas concorrem pelo mesmo mercado, sendo que, o diferencial está no preço. Para os autores o pirarucu comercializado na forma de charutos (sem cabeça e sem vísceras) é comercializado por R\$ 3,50/kg. O peixe que chega em Manaus (filé com pele e costela) é vendido entre R\$ 8,00/kg a R\$14,00/kg, resultando no preço do filé *in natura* entre R\$ 9,00/kg a 15,50/kg.

2.1.3 Rendimento do pirarucu

O rendimento de carcaça é um dos fatores primordiais para definir a rentabilidade do processamento (Honorato *et al.* 2014). Pirarucus com tamanho variando entre 71 a 190 cm, atingem um rendimento médio de filé de 57%; a cabeça representa de 12 a 13,5%; as escamas de 6,6 a 9,7%; as vísceras entre 5,4 a 6,0% e a coluna vertebral entre 14,2 a 18% do peso vivo do animal (Oliveira 2007).

Segundo Fogaça *et al.* (2011) em avaliação do desempenho do pirarucu cultivado para a produção de filé em diferentes classes, constataram que peixes de 7,0 a 9,0 kg (grupo I); 11,0 a 13,0 kg (grupo II) e 14,0 a 16,0 kg (grupo III), apresentaram 47,43%; 48,62% e 49,79% em rendimento de filé.

Além da carne, outros trabalhos podem ser elaborados a fim de darem um destino aos resíduos que sobram do beneficiamento industrial do pirarucu. O couro representa de 7 a 9 % do peso do animal e podem ser utilizados para a confecção de sapatos, cintos e bolsas; as carcaças utilizados como artefatos regionais ou para a elaboração de silagem que vem a ser um produto alternativo para ser utilizado na alimentação animal (Onu *et al.* 2004; Lima *et al.* 2014).

2.2 Silagem de pescado

2.2.1 Histórico

No ano 525 a.C os romanos utilizavam resíduos de peixe para transformar ao que se parece na atualidade com o ensilado, em um molho espesso conhecido como *garum*, o qual era preparado com um ou várias espécies de peixes, sempre com as guelras, vísceras, sal e temperos variados, que eram depositados em vasos de cerâmicas fechados para passar pelo processo de autólise (Maia Junior e Sales 2013).

A silagem de pescado não é um produto novo. O método para a sua elaboração surgiu na Finlândia, na década de 20, sendo adaptado a partir dos métodos de conservação de forrageiras com adição de ácidos fórmico, clorídrico, sulfúrico e outros ingredientes como o melão (Hisano e Borghesi 2011).

No decorrer da década de 40 outros países como o Canadá, Austrália, Noruega e Alemanha passaram a produzir silagem de resíduos de peixe em pequenas quantidades (Santos 2000). Somente na Dinamarca, Polônia e Noruega, a partir da década de 60, que

a produção tornou-se efetiva em escala comercial, utilizando o método da combinação de ácidos para a produção de alimentos para aves e suínos ou incorporados a rações como complemento proteico, utilizados para alimentar animais domésticos e peixes da aquicultura (Ferraz de Arruda 2004).

Portanto, apesar de muitas pesquisas realizadas sobre a produção e utilização de silagens, ao contrário de outros países, silagem de pescado não é produzida comercialmente pela indústria brasileira, e a razão pela qual não é comumente usada, está relacionada à inconstante oferta de qualidade (Ferraz de Arruda *et al.* 2006).

2.2.2 Princípios e métodos de elaboração da silagem de pescado

De acordo com FAO (2012), o princípio para a elaboração de ensilados consiste em moer adequadamente os resíduos de pescado em um moinho triturador de martelo equipado com um crivo contendo orifício de diâmetros de dez milímetros. São utilizados resíduos descartáveis (vísceras, escamas, esqueletos e as cabeças), resultantes do beneficiamento de peixes marinhos e de água doce gerados na comercialização local (Nascimento *et al.* 2014).

O processo para a elaboração dos ensilados de pescado é simples, prático e econômico, pois não exige equipamentos sofisticados e procedimentos de alto custo, como os empregados na produção de farinha de peixe (Oetterer 2002). Constitui alternativa viável para serem produzidas em pequenas quantidades e com baixo custo de energia (Vidotti *et al.* 2002).

Consiste em acidificar o pH da massa triturada de modo uniforme para evitar o apodrecimento de partículas sem tratamento, sendo necessária a agitação periódica para favorecer a liquefação dos tecidos. O ensilado deve ficar na faixa de pH entre 3,9 a 4,5 para evitar a ação de microrganismos patogênicos, a uma temperatura máxima de 30 °C

e mínima de 20 °C, pois abaixo desse nível a liquefação acontece lentamente (Vidotti e Gonçalves 2006).

Duas metodologias são utilizadas para a elaboração de ensilados de pescado: pela adição ácidos inorgânicos ou orgânicos, como o acético, sulfúrico, clorídrico, fórmico e propiônico – chamado de ensilado ácido (Abimorad *et al.* 2009; Carmo *et al.* 2008; Fogaça 2008; Sales e Oliveira 2014) ou utilizando microrganismos produtores de ácido láctico juntamente com fontes de carboidratos, resultando no ensilado biológico (Gonçalves e Viegas 2007; Yamamoto *et al.* 2007; Godoy *et al.* 2008; Honorato *et al.* 2011).

2.3 Silagem biológica de pescado

Existem vários métodos de fermentação utilizados para a produção de silagem de peixe, e um deles, faz-se o uso de bactérias do grupo ácido-lácticas: *Lactobacillus* sp e *Lactococcus* sp ou leveduras dos gêneros *Hansenula* e *Saccharomyces*, dando origem à silagem biológica (Machado 2010). Neste caso, podem ser utilizados fontes de carboidratos como o melão de cana-de-açúcar e fontes de microrganismos como o iogurte vencido e soro de leite utilizando sempre fungistático e antioxidante para a preservação da qualidade da massa (Vidotti e Gonçalves 2006).

De acordo com Machado (2010), a temperatura é um fator determinante para a realização do processo fermentativo, pois é ela que determina a geração do produto estável. Para isso, a temperatura ideal é 40°C por 48 horas, e com um pH alcançando valores entre 3,5 e 4,0.

Neste sentido, Nascimento *et al.* (2014) comparando três silagens (ácida, biológica e enzimática), observaram que os padrões de acidez foram mais evidentes na silagem ácida (4,08 para 3,82) e os mais altos na silagem enzimática (7,13 a 5,14),

enquanto, a silagem biológica foi intermediária (6,84 a 4,48); por outro lado, na verificação da temperatura os valores estatísticos foram menos evidentes (29,98 e 29,33) para as silagens biológica e enzimática.

Mousavi *et al.* (2013) analisaram o pH em três métodos de produção de silagem (ácido mineral, ácido orgânico e biológica) para serem utilizadas na alimentação de camarões. Os autores concluíram que a silagem biológica produzida com polpas de beterraba (fonte de carboidrato) atingiram o nível estável após 20 dias, com um pH de 4,00 e, sendo descrito no trabalho como o método ideal por não ter a necessidade de neutralização.

O quadro 1 apresenta a composição centesimal de silagens biológicas de pescado produzidas com inóculo biológico e fontes de carboidrato e seus respectivos autores.

Quadro 1. Composição centesimal, pH e temperatura de silagem biológica.

Inóculo	T °C	pH	MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	Autores
Melaço e <i>Lactobacillus plantarum</i>	28,1	4,43	33,05	33,62	25,61	13,58	Honorato <i>et al.</i> 2012
Açúcar e iogurte	28,0	4,5	97,5	29,19	8,29	29,83	Nascimento <i>et al.</i> 2014
Repolho e mamão e farinha de trigo	30,0	4,0	85,66	38,94	4,77	31,98	Oliveira <i>et al.</i> 2012
Melaço e <i>Lactobacillus sp</i>	38,0	4,4	34,5	39,9	14,5	18,0	Ramírez Ramírez <i>et al.</i> 2013

pH: Potencial Hidrogeniônico; T °C: Temperatura; MS: Matéria seca, PB: Proteína Bruta, EE: Extrato Etéreo e CZ: Cinza.

2.4 Silagem ácida de pescado

A silagem ácida ou química de pescado é uma forma de hidrolisado ácido, o qual apresenta-se como um produto liquefeito. O princípio consiste em acidificar o pH através da adição de ácidos que irão evitar a putrefação bacteriológica do material ensilado, enquanto que, as enzimas presentes na carne do pescado se encarregam de quebrar as proteínas e as liquefazem (Carmo *et al.* 2008).

Durante o processo é necessário fazer a homogeneização diária do material ensilado para facilitar a incorporação dos ácidos e promover a ação enzimática presentes naturalmente nos músculos, e conseqüentemente acontecerá a hidrólise das proteínas, tornando o nitrogênio mais solúvel, podendo ser observado através do aumento nos níveis de aminoácidos e peptídeos de cadeia curta (Vidotti 2001).

A adição de ácidos orgânicos (fórmico e propiônico) e inorgânicos (clorídrico, sulfúrico, nítrico e fosfórico) no preparo de ensilados de pescado fazem com que as enzimas proteolíticas, responsáveis pela autólise proteica e lipídica, presente na carne dos peixes acelerem suas atividades, de modo que, os valores de pH fiquem na faixa de 3,9 a 4,5 (Vidotti e Gonsalves 2006; Benites e Souza-Soares 2010).

Segundo Vidotti e Gonçalves (2006) ensilados produzidos por meio da adição de acidificantes mantem-se assépticos por não exalarem odores desagradáveis, além de não apresentar problemas com insetos e microrganismos patogênicos, como as salmonelas.

2.4.1 Ácidos orgânicos na elaboração de silagem

De acordo com a legislação brasileira, através do Decreto nº 55.871 de 26/06/1965, os ácidos orgânicos são classificados como conservadores ou acidulentes, definidos como substâncias que são adicionados aos alimentos com objetivo de retardar

a ação microbiana ou enzimática, protegendo o alimento contra a deterioração (Brasil 2001).

Devido à baixa solubilidade, a intensidade de sabor e baixa toxicidade ao organismo humano, os ácidos orgânicos de cadeia curta, caracterizados por possuírem o grupo funcional carboxila (COOH), (Quadro 2), são os mais usados na alimentação animal a alguns anos (Soccol 2002, Viola e Vieira 2007). A escolha dos acidificantes vai depender do custo, da disponibilidade e ação bactericida (Benites e Souza-Soares 2010).

Quadro 2. Propriedades químicas de diferentes ácidos orgânicos.

Nomes	Fórmula	Forma	Solubilidade em H ₂ O
Fórmico	HCOOH	Líquido	Muito boa
Acético	CH ₃ COOH	Líquido	Muito boa
Propiônico	CH ₃ CH ₂ COOH	Líquido	Muito boa
Lático	CH ₃ CH(OH)COOH	Líquido	Boa
Fumárico	COOHCH:CHCOOH	Sólida	Baixa
Cítrico	COOHCH ₂ C(OH)(COOH)CH ₂ COOH	Sólida	Boa

Fonte: Bellaver e Scheuermann (2004).

Para Sucasas (2011), a escolha do ingrediente acidificante é muito importante e deve levar em consideração os riscos para o meio ambiente e para a saúde humana, além dos custos e da acessibilidade, pois, alguns ácidos são controlados pela Polícia Federal, Polícia Civil ou o Exército Brasileiro. O mesmo autor apresenta a relação dos (Quadro 3) ácidos controlados pelo governo e a relação dos fatores que elegem os ácidos para serem utilizados na elaboração de ensilados.

Quadro 3. Relação dos ácidos com o grau de risco e acessibilidade.

Ácidos	Grau de risco ao ambiente	Grau de risco a saúde (*)	Produto Controlado
Acético	2	3	Sim-PF
Cítrico Anidro	2	1	Não
Fórmico	2	3	Sim-PF
Fosfórico	3	2	Não
Muriático	3	3	Não
Propiônico	2	3	Não
Sulfúrico	4	4	Sim-PF

PF: Polícia Federal

*1: Risco pequeno, 2: Risco moderado, 3: Risco severo, 4: Risco extremo.

Fonte: Sucasas (2011).

Segundo Brasil (2003) os produtos químicos controlados pela Polícia Federal estão relacionados nas Listas I, II, III, IV e nos respectivos Adendos, constantes do Anexo I, de acordo com a portaria 1.274 de 25 de agosto de 2003. Conforme a Portaria, o controle é feito apenas para o consumo acima de dois litros por mês, ficando isento da mesma, produções de pequena escala.

A combinação de ácidos fracos, propiônico e fórmico, produzem silagem menos ácidas, além da atividade fungicida, dispensando a neutralização final (Sucasas 2011).

A atividade nos microrganismos dos ácidos orgânicos está relacionado à redução do pH e a capacidade de dissociação de suas carboxilas, ou seja, na forma não dissociada, os ácidos penetram passivamente na célula microbiana, onde liberam prótons e ânions, resultando na redução do pH intracelular, inibindo a ação de enzimas e levando os microrganismo a morte (Viola e Vieira 2007).

2.4.2 Composição nutricional da silagem ácida

Apesar das alterações que acontecem no processo de elaboração, a silagem produzida a partir dos resíduos ou do peixe inteiro conservam as suas características

químicas e nutricionais semelhantes ao material de origem, mas são dependentes da espécie, tamanho de cabeça, sistema de criação, gordura e outros fatores que as compõem (Vidotti 2011; Cândido 2016).

Vidotti *et al.* (2003) avaliaram a composição proteica de ensilados elaborados com três tipos de materiais descartados. Observaram que a silagem ácida produzida a partir de peixes inteiros provenientes de água salgada apresentou maior teor de proteína bruta (69,91%) em comparação a silagem produzida com peixe de água doce (44,38%). O quadro 4 apresenta a composição centesimal da silagem química de pescado produzida com ácidos fórmico e propiônico, e seus respectivos autores.

Quadro 4. Composição centesimal e pH da silagem química elaborada com diferentes ácidos.

Material Usado	Ácidos	pH	MS (%)	PB (%)	EE (%)	CZ (%)	Autores
Vísceras de tambaqui	Fórmico e Propiônico (1:1) 3% v/p	3,0 a 3,75	54,92 ± 2,24	10,71 ± 0,75	77,38 ± 2,57	1,72 ± 0,04	Borghesi <i>et al.</i> 2013
Resíduos de camarão	Fórmico e Propiônico (1:1) 3% v/p	4,0	20,20	66,14	13,86	14,06	Costa 2007
Resíduos de tilápia	Fosfórico (2%) e Ácido acético (3%)	3,02 a 3,88	100	30,63	47,89	14,12	Fernandes <i>et al.</i> 2007
Vísceras de pirarucu	Fórmico e Propiônico (1:1) 3% v/p	3,02	40,78± 1,15	17,38± 2,06	68,97± 3,76	2,69±0,01	Lima <i>et al.</i> 2013

MS: Matéria seca, PB: Proteína Bruta, EE: Extrato Etéreo, CZ: Cinza, pH: Potencial Hidrogeniônico.

Um dos fatores que podem influenciar na qualidade do valor nutricional do ensilado de pescado é o armazenamento prolongado, pois grande número de aminoácidos livres estão presentes na silagem devido à atividade das enzimas endógenas, podendo resultar na redução do valor nutricional (Borghesi 2004).

Entretanto, o valor nutricional da silagem de pescado pode ser aumentado limitando a hidrólise das proteínas, pois os peptídeos de cadeia curta (di e tripeptídeos) são melhores e mais absorvidos pelos peixes que os aminoácidos livres (Honorato *et al.* 2012).

Outro fator considerado relevante na qualidade dos ensilados é a oxidação lipídica, podendo levar a formação de peróxidos, que se complexam a proteínas através de ligações covalente, com consequente destruição dos aminoácidos (Ferraz de Arruda 2004). Este mesmo autor argumenta que a centrifugação é a melhor metodologia para a extração lipídica, tornando possível aumentar o tempo de estocagem e adequar a formulações de rações.

Ge Fei *et al.* (2010) avaliaram a composição química básica, aminoácidos, oligo-elementos, grau de hidrólise e o conteúdo de proteína em silagem elaboradas com aquecimento ou não, armazenadas durante 40 dias em diferentes temperaturas. Os autores concluíram que as condições de armazenamento, temperatura e tempo, contribuem com o grau de hidrólise e o teor de proteína em silagem preparadas com resíduos de peixe.

2.5 Digestibilidade de silagem de pescado

A alta digestibilidade está relacionada à qualidade nutricional em silagem de pescado, além da presença integral de aminoácido que constitui o peixe (Ferraz de Arruda *et al.* 2006). De acordo com Borguesi *et al.* (2013) a secagem conjunta de silagem com o farelo de soja, na proporção de 1:1, apresentam melhores resultados de desempenho e digestibilidade em experimento com peixes.

Yamamoto *et al.* (2007) avaliaram o desempenho e digestibilidade dos nutrientes em cordeiros alimentados com dietas contendo 8% de silagem de resíduos de peixe,

constatarem que os cordeiros alimentados com dietas formuladas com a inclusão de silagem de peixe de água doce apresentaram maior digestão de extrato etéreo (3,20 g/kg/dia) e melhor coeficiente de digestibilidade de extrato etéreo (90,39%) em comparação a dieta controle (2,25%) para este estudo.

Honorato *et al.* (2012) objetivaram avaliar a digestibilidade aparente da matéria seca, proteína e energia bruta de silagem de peixe em tempos diferentes (7, 15, 30 dias) de ensilados para alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), observaram que não houve diferença significativa em função do tempo para digestibilidade aparente.

Em um estudo realizado por Guzel *et al.* (2011) para avaliar o crescimento da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) com os níveis de inclusão de 25,50 e 100%, constataram que no final do experimento, o grupo de peixes alimentados com rações formuladas com 50% de silagem apresentaram aumento de peso significativamente mais elevados em comparação as outras formulações.

Em um estudo com ovinos da raça Santa Inês, usando rações com níveis de inclusão de 25,50 e 75%, Santos (2010) conclui que os resíduos de camarão podem substituir em até 75% a fonte proteica provinda da soja. As silagens de resíduos de pescado possui um grande potencial para serem ofertadas na alimentação de pequenos ruminantes, pois melhoram a qualidade da carne e forma de carcaça, além de suprir a falta de proteínas em determinados alimentos onde existem escassez desse nutriente (Rahmi *et al.* 2008)

2.5.1 Efeito da silagem de pescado na alimentação de aves

Para ser ofertada ao animal a silagem de pescado líquida pode ser combinado diretamente na dieta ou seca para o uso como ingredientes na ração (Goddard e Perret 2005).

Para Al-Marzooqi *et al.* (2010) objetivando avaliar o efeito de quatro níveis (0, 10, 20 e 30%) de silagem de sardinha sobre o desempenho e qualidade das características de carne de frangos de corte criados em sistemas de alojamento fechado e aberto nas laterais, constataram que os frangos alimentados com dietas contendo 10 e 20% ganharam mais peso do que os frangos alimentados com 30% de silagem de peixe. Concluíram que a silagem de peixe pode substituir até 20% do farelo de soja, sem afetar o seu desempenho de crescimento ou qualidade sensorial da carne.

Em estudo para avaliar a composição bioquímica sanguínea e qualidade de carne em frangos de corte, sob efeito da suplementação com resíduos de peixe (silagem ácida e resíduos de surimi em pó), Darsana e Sreekumar (2012), concluíram que a substituição total de resíduos peixe atendem os requisitos nutricionais, sem causar toxicidade, além manter a qualidade da carne.

Kjos *et al.* (2001) concluíram que a inclusão de 50 g kg⁻¹ da dieta, contendo 12% de proteína total, não afetaram o consumo de ração, produção de ovos, composição de ácidos graxos de gema, cor da gema ou qualidade sensorial de ovos, em comparação ao controle na alimentação de galinhas poedeiras.

Ramirez-Ramirez *et al.* (2013) avaliaram níveis de inclusão (0, 10, 20, 30%) sobre o desempenho e a qualidade de carne de 160 codornas japonesas (*Coturnix coturnix japonica*). Observaram que, os níveis não afetaram a taxa de crescimento e conversão alimentar, além disso, não proporcionaram efeitos significativos para o rendimento de carcaça e qualidade sensorial da carne nos diferentes tratamentos.

Ponce e Gernat (2002) em avaliação à substituição do farelo de soja e milho com diferentes níveis de farinha de tilápia na alimentação de frangos de corte, os resultados

mostraram que os animais alimentados com 10, 20 e 30% aumentaram o ganho de peso, consumo e conversão alimentar aos 14 a 28 dias de idade.

Em avaliação do efeito de cinco níveis (0%, 2%, 4%, 6% e 8%) de inclusão da farinha dos resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*), Eyng *et al.* (2010) concluíram que a adição de 8% não afetou o rendimento e a qualidade sensorial de frangos de corte na fase de um a 42 dias.

Portanto, os resíduos de pescado podem ser direcionados para a produção de vários produtos e, um deles a produção de silagem se destaca por apresentar excelente valor proteico, podendo substituir a farinha de peixe e a soja em dietas para animais (Maia Junior e Sales 2013).

3. REFERÊNCIAS

Abimorad, E. G.; Strada, W. L.; Schalch, S. H. C.; Garcia, F.; Castellani, D.; Manzatto, M. R. 2009. Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nilo. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 44: 519-525.

Al-Marzooqi, W.; Al-Farsi M.A.; Kadim, I.T.; Mahgoub, O.; Goddard, J. S.; 2010. The effect of feeding different levels of sardine fish silage on broiler performance, meat quality and sensory characteristics under closed and open-sided. Asian-Australasian Journal Animal Sciences, 23: 1614-1625.

Amâncio, A. L. L.; Silva, J. H. V; Lima, C. B.; Araújo, J. A.; Coelho, M. S.; Oliveira, E. R. A.; Lima, M. R.; Silva, N. V.; Rodrigues, M. L. 2010. Valor nutricional da silagem de pescado e utilização na alimentação Animal. Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Norte, Boletim Técnico-Científico Cepnor, 10: 79-93.

Brasil, Ministério da Saúde. 2001. Secretária de Vigilância Sanitária. Decreto n° 55871, de 26 de março de 1965. Modifica pelo Decreto n° 50.040, de 24 de janeiro de 1961 a normas reguladoras do emprego de aditivos para alimentos, alterado pelo Decreto n° 691, de 13 de março de 1962. (www.planalto.gov.br/decreto). Acesso em 12/10/2015.

Brasil, 2003. Portaria n° 1.274, de 25 de agosto de 2003. Submete a controle e fiscalização os produtos químicos relacionados nas Listas I, II, III, IV e nos seus respectivos Adendos. Diário Oficial, Brasília, DF. Seção 1, Edição Extra 164: 1-2. (www.pf.gov.br/servicos-pf/produtos-quimicos/legislacao/portaria1274.pdf). Acesso em 12/10/2015.

Brasil. 2011. Boletim estatístico da pesca e aquicultura. Ministério da Pesca e Aquicultura-MPA, Brasília, (www.icmbio.gov.br). Acesso em 03/05/2016.

Brasil. 2012. Boletim estatístico da pesca e aquicultura, Ministério da Pesca e Aquicultura-MPA, Brasília.

Brasil 2012. Boletim estatístico da pesca e aquicultura – Brasil. Brasília: Ministério da Pesca e Aquicultura, 2013.

Brasil. 2014. 1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura. Ministério da Pesca e Aquicultura-MPA p.1-136. (formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/.pdf).

Bellaver, C.; Scheuermann, G. 2004. Ligações dos ácidos orgânicos na produção de aves de corte. In: Conferencia Avisui, 3, Florianópolis, Santa Catarina.

Benites, C.I.; Souza-Soares, L.A. 2010. Farinha de silagem de resíduo de pescado co-secas com farelo de arroz: um alternativa viável. *Archivos de Zootecnia*, 59:447-450.

Borghesi, R. 2004. Avaliação físico-química, nutricional e biológica das silagens ácida, biológica e enzimática elaboradas com descarte e resíduos do beneficiamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, Estado de São Paulo, 96p.

Borghesi, R.; Ferraz de Arruda, L.; Oetterer, M. 2007. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos*, Curitiba, 25: 329-339.

Borghesi, R.; Lima, L. K. F.; Sucasas, L. F. A.; Marto, V. C. O.; Oetterer, M. 2013. Elaboração de silagens ácida e ácida co-seca de vísceras de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Circular Técnica, 106. Corumbá, Embrapa Pantanal. 6p. (www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/CT106.pdf). Acesso em 04/05/2016.

Cavero, B. A. S.; Fonseca, F. A. L. 2016. Pirarucu: situação atual e perspectivas na região amazônica. *Panorama da Aquicultura*. (www.panoramadaaquicultura.com.br). Acesso em 03/05/2016.

Carmo, J. R.; Pimenta, J. C.; Pimenta, M. E. S. G.; Oliveira, M. M.; Logato, P. V. R.; Ferreira, L. O. 2008. Caracterização de silagens ácida de resíduos de tilápia (*Oreochromis niloticus*). *Revista Eletrônica Nutritime*, 5: 664-672.

Cândido, R. S. 2016. Digestibilidade da silagem de pescado com inóculo microbiológico para suínos na fase de crescimento. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 44p.

Costa, C. N. 2007. Avaliação da silagem ácida do resíduo do camarão branco (*Litopenaeus vannamei*) como fonte protéica na alimentação da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, Bahia, 45p.

Darsana, M. G.; Sreekumar, K. P. 2012. Effect of processed fish wastes supplementation on blood biochemical and meat composition of broiler chicken. *Iranian Journal of Veterinary Research*, Shiraz University, 13: 186-194.

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*, 39:2670-2675.

- Feltes, M. M. C.; Correia, J. F. G.; Beirão, L. H.; Block, J. M.; Ninow, J. L.; Spille, V. R. 2010. Alternativas para a agregação de valor aos resíduos da industrialização de peixe. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14: 669-677.
- Ferraz de Arruda, L. 2004. Aproveitamento da tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) para obtenção de silagem e óleo como subprodutos. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Estado de São Paulo, 78p.
- Ferraz de Arruda, L.; Borghesi, R.; Brum, A.; Regitano D’Arce, M.; Oetterer, M. 2006. Nutritional Aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. *Food Science and Technology*, 26: 749-753.
- Fernandes, J. B. K.; Bueno, R. J.; Rodrigues, L. A.; Fabregat, T. El H. P.; Sakomura, N. K. 2007. Silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápia em rações de juvenis de piauí (*Leporinus macrocephalus*). *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 29:339-344.
- Fogaça, F. H. S. 2008. Recomendações Técnicas para a Elaboração da Silagem de Camarão Marinho. Circular Técnica 49, Teresina, Embrapa Meio-Norte, 4p
- Fogaça, F. H. S.; Oliveira, E. G.; Carvalho, S. E. Q.; Santos, F. J. S. 2011. Yield and composition of pirarucu fillet in different weight classes. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 33: 95-99.
- FAO. 2012. The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of United Nations, Rome, 209 p.
- FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. 2014. O Estado das Pescas e da Aquicultura no Mundo. (www.fao.org.br). Acesso em 03/05/2016.
- Ge Fei; Gui Lin; Tao Yu-Gui; Huang Yin. 2010. Effects of Storage Conditions on Quality of Fish Silage Prepared from Channel Catfish. *Food Science*, 31: 290-293.
- Gonçalves, L. U.; Viegas, E. M. M. 2007. Produção, caracterização e avaliação biológica de silagem de resíduos de camarão para tilápia-do-nilo. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 59:1021-1028.
- Godoy, H. B. R.; Landell Filho, L. C.; Bianchini Sobrinho, E. M.; Godoy, M. 2008. O uso da silagem de subprodutos da filetagem de peixe na alimentação de suínos em crescimento parâmetros séricos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, São Paulo, 45: 429-436.
- Guzel, S.; Yazlak, H.; Gullu, K.; Ozturk, E. 2011. The effect of feed made from fish processing waste silage on the growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *African Journal of Biotechnology*, 10: 5053-5058.
- Hisano, H.; Borghesi, R. 2011. Elaboração de silagem ácida de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.). Circular Técnica 18, Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, Minas Gerais. 4p.

- Hisano, H.; Ishikawa, M. M.; Portz, L. 2012. Produção de silagem ácida a partir de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e avaliação da digestibilidade para tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, 13: 872-879.
- Honorato, C. A.; Stech, M. R.; Carneiro, D. J. 2011. Silagem biológica de resíduos de peixe em dietas para alevinos de tilápia do Nilo. *Revista Acadêmica de Ciências Agrárias Ambiente*, Curitiba, 9: 371-377.
- Honorato, C.; Frizzas Ganga, O.; Carneiro, D. J. 2012. Digestibilidade da silagem de peixe com diferentes tempos de armazenamento para alimentação do pacu (*piaractus mesopotamicus*). *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, Campo Grande, 16: 85-95.
- Honorato, C. A.; Caneppele, A.; Matoso, J. C.; Prado, M. R.; Siqueira, M. S.; Souza, L. R. O. 2014. Caracterização física de filés de Surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e pirarucu (*Arapaima gigas*). *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar*, Umuarama, 17: 237-242.
- Imbiriba, E. P. 2001. Potencial de criação de pirarucu, *Arapaima gigas*, em cativeiro. *Acta Amazônica*, 31: 299-316.
- IBAMA-Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 2009. (www.ibama.gov.br). Acesso em 02/05/2016.
- Kjos, N. P.; Herstard, O.; Skrede, A.; Overland, M. 2001. Effects of dietary silage and fish fat on performance and egg quality of laying hens. *Canadian Journal of Animal Science*, 1432: 245-251.
- Galvão de Lima, L.; Batista, V. S. 2012. Estudos etnoictiológicos sobre o pirarucu *Arapaima gigas* na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 42: 337-344.
- Lima, J. 2014. Brasil investe em pesquisas para aumentar a produtividade do pirarucu em cativeiro. *Ciência e Cultura*, 66: 12-13.
- Machado, T. M. 2010. Silagem biológica de pescado. *Panorama da aquicultura*. 8: 30-32.
- Maia Junior, W. M. M.; Sales, R. O. 2013. Propriedades funcionais da obtenção da silagem ácida e biológica de resíduos de pescado. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 07: 126-156.
- Mousavi, S. L.; Mohammadi, G.; Khodadadi, M.; Keysami, M. A. 2013. Silage production from fish waste in cannery factories of Bushehr city using mineral acid, organic acid, and biological method. *Intl J Agri Crop Sci*. 6: 610-616.
- Mueller, O.; Green, A. 2005 *Arapaima gigas – Market study*: current status of arapaima global trade and perspectives on the Swiss, French and UK markets, *Bio Trade Facilitation Programme-UNCTAD*.
- Nascimento, M. S.; Freitas, K. F. S.; Silva, M. V. 2014. Produção e caracterização de silagens de resíduos de peixes comercializados no mercado público de Parnaíba – PI. *Enciclopédia Biosfera*. 10: 450.

- Oetterer, M. 2002. Industrialização do pescado cultivado. Guaíba: Agropecuária, 200p.
- Oliveira, P. R. 2007. Qualidade do Pirarucu (*Arapaima gigas*, Shinz 1822) procedente de piscicultura, estocado em gelo, congelado e de sus produtos derivados. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisa do Amazonas/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas. 130p.
- Oliveira, C. R. C. Avaliação nutricional de farinhas de silagem de em dietas de frangos de corte. 2012. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) -Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Zootecnia, Recife, 82p.
- Ono, E. A.; Halverson, M. R.; Kubitz, F. 2004. Pirarucu: nenhum peixe converte melhor. Panorama da Aquicultura, 14: 1-25.
- Ono, E. A.; Kehdi, J. 2013. Manual de Boas Práticas de Produção do Pirarucu em Cativeiro. Sebrae, Brasília. 46 p.
- Pedroza Filho, M. X.; Muñoz, A. E. P.; Rodrigues, A. P. O.; Rezende, F. P., Lima, A. F.; Mataveli, M. 2016. Panorama da cadeia produtiva do pirarucu. Boletim Ativos da Aquicultura. (<https://www.embrapa.br/panorama-da-cadeia-produtiva-do-pirarucu>). Acesso em 03/03/2017.
- Ponce, L. E.; Gernat, A. G. 2002. The effect of using diferente levels of tilapia by-product meal in broiler diets. Poultry Science, 81:1045-1049.
- Rahmi, M.; Faid, M.; Elyachioui, M.; Berny E. H.; Fakir, M.; Ouhssine, M. 2008. Protein rich ingredients from fish waste for sheep feeding. African Journal of Microbiology Research, 2: 073-077.
- Ramírez-Ramírez, J. C.; Ibarra, J. I.; Romero, F. A.; Ulloa, P. R.; Ulloa J. A.; Shirai, K. M.; Cordoba, B. V.; Manzano, M. A. M. 2013. Preparation of Biological Fish Silage and its Effect on the Performance and Meat Quality Characteristics of Quails (*Coturnix coturnix japonica*). Brazilian Archives of Biology and Technology, 56:1002-1010.
- Rodrigue, A. P. O.; Moro, G. V.; Santos, V. R. V. 2015. Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Embrapa Pesca e Aquicultura, 24 p.
- Santana-Delgado, H.; Avila, E.; Sotelo, A. 2008. Preparation of silage from Spanish mackerel (*Scomberomorus maculatus*) and its evaluation in broiler diets. Animal Feed Science and Technology, 141: 129-140.
- Santos, N. F. 2000. Processamento, caracterização química e nutricional da silagem biológica de resíduos de pescado para uso em alimentação animal. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará. 84p.
- Santos, M. M. 2010. Desempenho de ovinos Santa Inês alimentados com níveis de proteína oriundas do resíduo de camarão em substituição a uma fonte protéica convencional. Dissertação Mestrado. São Cristóvão: UFS. 34 p.
- Sales, R. O.; Oliveira, A. C. 2014. Influência da silagem de despesca da tilapia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L.) em rações para suínos nas fases de crescimento e terminação com ratos (wistar) em crescimento. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, 8:19-36.

- Sepror-Secretária de Produção Rural do Amazonas. 2015. Produção pesqueira. (www.sepror.am.gov.br). Acesso em 07/03/2017.
- Soccol, M. C. H. 2002. Otimização da vida útil da tilápia cultivada (*Oreochromis niloticus*), minimamente processada e armazenada sob refrigeração. Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” /Universidade de São Paulo, Piracicaba, Estado de São Paulo. 124p.
- Sucasas, L. F. A. 2011. Avaliação do resíduo do processamento de pescado para o desenvolvimento de co-produtos visando o incremento da sustentabilidade na cadeia produtiva. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo. 167p.
- Vidotti, R. M. 2001, Produção e utilização de silagens de peixe na nutrição do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Tese de Doutorado, Jaboticabal: UNESP/CAUNESP. 65p.
- Vidotti, R. M.; Carneiro, D. J.; Viegas, E. 2002. Growth rate of pacu, *Piaractus mesopotamicus*, fingerlings fed diets containing co-dried fish silage as replacement of fish meal. *Journal of Applied Aquaculture*, 12: 77-88.
- Vidotti, R. M.; Viegas, E. M. M.; Carneiro, D. J. C. 2003. Amino acid composition of processed fish silage using different raw materials. *Animal Feed Science and Technology*, 105: 199-204.
- Vidotti, R. M.; Gonçalves, G. S. 2006. Produção e caracterização de silagem, farinha e óleo de tilápia e sua utilização na alimentação animal. Instituto de Pesca. (www.pesca.sp.gov.br). Acesso em 25/06/2015.
- Viola, E. S.; Vieira, S. L. 2007. Suplementação de acidificantes orgânicos em dietas para frangos de corte: desempenho zootécnico e morfologia intestinal. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1097-1104.
- Vidotti, R.M.; Gonçalves, G. S. 2011. Produção e Caracterização de Silagem, Farinha e Óleo de Tilápia e sua Utilização na Alimentação Animal. Instituto de Pesca. (www.pesca.sp.gov.br). Acesso em 25/06/2015.
- Vidotti; R. M. 2011. Tecnologias para o aproveitamento integral de peixes. Curso Técnico de Manejo em Piscicultura Intensiva. (www.pesca.sp.gov.br). Acesso em 25/06/2015.
- Yamamoto, S. M.; Silva Sobrinho, A. G.; Vidotti, R. M.; Homem Junior, A. C.; Pinheiro, R. S. B.; Buzzulini, C. 2007. Desempenho e digestibilidade dos nutrientes em cordeiros alimentados com dietas contendo silagem de resíduos de peixe. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1131-1139.

4. OBJETIVOS

4.1 Geral

- Avaliar o efeito da silagem ácida produzida a partir da biomassa residual de pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz 1822) em dietas para poedeiras leves.

4.2 Específicos

- Aplicar o método ácido no material triturado de resíduo de pirarucu afim de obter farinha de silagem como ingrediente para dietas de poedeiras comerciais;
- Caracterizar a composição química, nutricional e organoléptica da silagem ácida e da farinha produzida a partir da biomassa residual de pirarucu;
- Determinar a digestibilidade da farinha de silagem ácida resíduo de pirarucu em rações de poedeiras comerciais leves
- Avaliar o desempenho de poedeiras leves alimentadas com níveis de inclusão de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu e a qualidade e análise sensorial de ovos.

CAPÍTULO I

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICA E DIGESTIBILIDADE DA FARINHA DE SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUO DE PIRARUCU EM RAÇÕES DE POEDEIRAS COMERCIAIS LEVES

Composição físico-química e digestibilidade da farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu em rações de poedeiras comerciais leves

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar as características físico-químicas e nutricionais da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu em rações para poedeiras comerciais leves sobre a digestibilidade aparente e metabolização energética. Foram utilizadas 72 poedeiras da linhagem Hisex White com 71 semanas de idade distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com seis repetições de seis aves cada. Os tratamentos constituíram-se de controle (ração sem inclusão do produto) e ração experimental (com 3% de inclusão de silagem ácida). A biomassa ensilada apresentou coloração marrom claro; aroma levemente acidificado; consistência ligeiramente cremosa; pH de $4,38 \pm 0,11$; com valores de 84,16% de matéria seca; 40,06 % de proteína bruta; 26,82% de extrato etéreo; 9,31% de matéria mineral, 65,16 g/kg de cálcio e 22,90 g/kg de fósforo. Foram observadas diferenças significativas na digestibilidade da proteína bruta, extrato não nitrogenado (carboidratos solúveis), extrato etéreo, matéria mineral, energia metabolizável e no coeficiente de metabolização da energia metabolizável. Os resultados do presente estudo indicaram que a silagem ácida produzida a partir da biomassa residual do pirarucu pode ser incluída na forma de farinha ao nível de 3% em rações para poedeiras leves, apresentando boa digestibilidade dos nutrientes e potencial para ser utilizada como fonte energética.

PALAVRAS-CHAVE: alimento alternativo, ensilado, energia metabolizável, nutrientes, resíduo de pescado

**Digestibility and physico-chemical traits of pirarucu waste acid silage flour in diets
for commercial laying hens**

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of acid silage meal made of pirarucu waste in diets for commercial laying hens on apparent digestibility and energy metabolism. Seventy-two Hisex White hens with 71 weeks of age were assigned to a completely randomized with two treatments (control diet and diet with 3% pirarucu waste acid silage) with six replicates of six birds each. The ensiled biomass was light brown in color, showing acidified aroma; creamy consistency; 4.38 ± 0.11 pH; 84.16% dry matter; 40.06% crude protein; 26.82% ether extract; 9.31% mineral matter, 65.16 g/kg calcium and 22.90 g/kg phosphorus. Differences ($P > 0.05$) were detected in digestibility of crude protein, non-fiber carbohydrates (soluble carbohydrates), ether extract, mineral matter, metabolizable energy and metabolizable energy coefficient. Our results indicate that the acid silage meal made of pirarucu waste can be included up to 3% in diets for laying hens, showing satisfactory nutrient digestibility and potential to be used as an energy source.

KEYWORDS: alternative food, fish waste, metabolizable energy, nutrients, silage

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia abriga uma grande diversidade de organismos aquáticos, sendo esta a principal fonte de renda e subsistência de comunidades ribeirinhas que vivem da exploração dos recursos pesqueiros ao longo do rio Solimões-Amazonas e seus afluentes (Costa *et al.* 2013). Dentre as espécies mais exploradas e consumidas pela população regional, destaca-se o pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822), conhecido como bacalhau da Amazônia, tendo sua carne bastante valorizada no mercado, principalmente quando é comercializado pelo procedimento do salgado-seco.

Para o processamento do pirarucu, na forma de filés congelados ou salgado-seco são utilizadas apenas os filés do pescado, enquanto os resíduos (carcaças, vísceras, nadadeiras, escamas e peles) são descartados no meio ambiente. No entanto, parte destes subprodutos apresentam potencial para serem aproveitados como novos produtos.

Neste contexto, um produto que encontra-se em destaque nos recentes estudos desenvolvidos no Brasil para o aproveitamento de resíduos provenientes do pescado é a silagem. Esta apresenta-se como uma alternativa viável para o aproveitamento dos resíduos da filetagem (Costa *et al.* 2009), além de ser uma técnica simples, de baixo custo operacional utilizada para a transformação dos materiais residuais em produtos de alta qualidade nutricional e que podem minimizar os problemas com a poluição ambiental, bem como, servir de ingrediente na formulação de rações.

E quanto a utilização destas silagens de resíduos de pescado na alimentação animal, estas já apresentaram potencial para proporcionar benefícios econômicos aos sistemas de produção de aves, uma vez que a alimentação destas representa 70% dos custos totais de produção, onde o milho e a soja figuram como principais ingredientes utilizados como fontes energéticas e proteicas nas formulações de rações. Neste sentido,

a utilização destes resíduos gerados pela agroindústria de pescado para transformar subprodutos em alimentos alternativos, oferecendo vantagens de acessibilidade, principalmente em regiões do Brasil que enfrentam entraves com logística de grãos e matérias-primas com alto custo (Cruz *et al.* 2016).

Com base nesta perspectiva, a utilização de silagem como ingrediente alternativo visa principalmente o aspecto produtivo e econômico, sem agredir, sobretudo, o desempenho e fisiologia do animal. Sendo assim, é necessário ter compreensão nítida da composição proteica e mineral, concentração energética, acessibilidade de nutriente, além do seu aproveitamento pelo organismo das aves (Oliveira *et al.* 2012).

Diante do exposto, realizou-se esta pesquisa com objetivo de avaliar as características químicas e nutricionais da silagem ácida de resíduos de pirarucu e uso de sua farinha em rações para poedeiras comerciais leves sobre a digestibilidade aparente e metabolização energética.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local da área de estudo

O experimento foi realizado em duas etapas: a primeira foi realizada no Laboratório de Tecnologia de Pescado da Coordenação de Tecnologia e Inovação-COTI do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA, com os procedimentos para a obtenção da silagem ácida de resíduo de pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) e sua caracterização técnica-nutricional.

A segunda etapa foi desenvolvida na Universidade Federal do Amazonas-UFAM, setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias, situado no setor Sul do Campus Universitário em Manaus-AM, com coordenadas geográficas de latitude 3° 06'

14'' S, longitude 59° 58' 46'' W e altitude de 260 m. De acordo com a classificação proposta por Köppen, o clima da região é do tipo Af (quente e úmido), apresentando temperatura média variando entre 27 a 29°C, precipitação anual média de 2.286 mm e umidade relativa 80%.

2.2 Condução do Experimento

2.2.1 Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi proveniente da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Amazonas-Brasil, sendo esta adquirida em fevereiro de 2016 de um entreposto de processamento do pescado, constituída da carcaça (espinha dorsal e costelas). Tais resíduos foram transportados em sacos de rafia fechados até o Laboratório de Tecnologia de Pescado da COTI-INPA.

2.2.2 Produção da silagem ácida

Os resíduos foram fragmentados em triturador elétrico da marca Multinox, e divididos em baldes plásticos com capacidade para 15 litros, onde cada recipiente recebeu 10 kg de massa triturada. Foram adicionados, para cada 10 kg, a mistura de ácidos propiônico e fórmico na proporção 1:1, na relação de 3% do volume da solução ácida em relação ao peso do resíduo sob constante homogeneização, seguindo a metodologia proposta por Borghesi *et al.* (2008), (Figura 1). Os recipientes foram mantidos em temperatura ambiente durante o período de três dias.

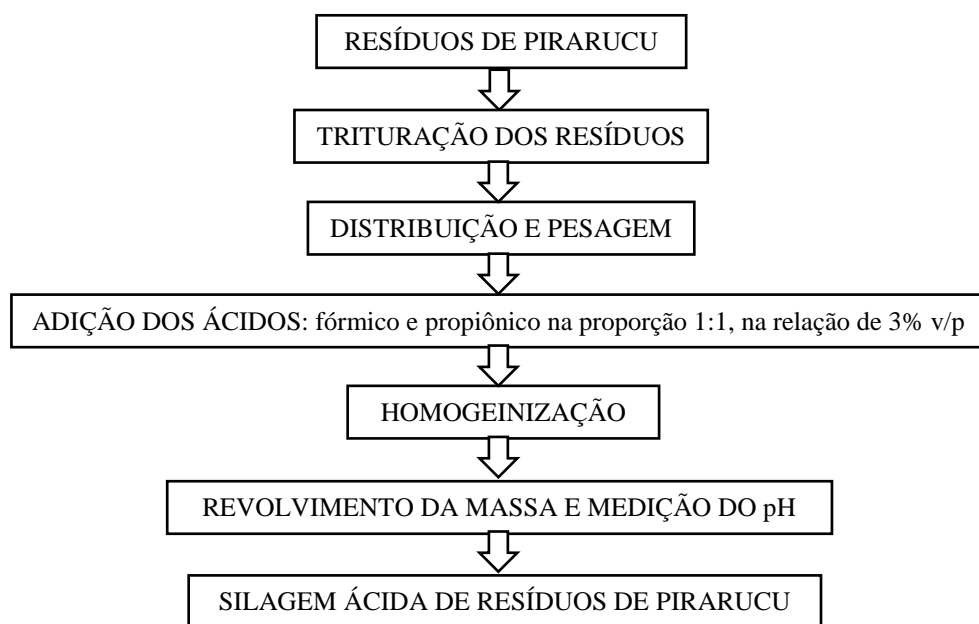


Figura 1. Fluxograma para a obtenção da silagem ácida.

Para a completa uniformização, o material ensilado, foi revolvido a cada 24 horas durante os três dias de armazenagem para permitir o maior contato dos ácidos com os resíduos e garantir a qualidade da silagem, de onde foram coletadas amostras para a medição do pH. O pH foi determinado através do pHmetro de marca OHAUS (Starter 3100), com resultados expressos em duas casas decimais.

As alterações do produto foram acompanhadas por meio de observações das características organolépticas, tendo como base: cor, aroma e consistência. Ao final dos três dias, para redução da umidade, o material ensilado foi depositado em bandejas de alumínio, levados à estufa de ventilação forçada, a 65 °C por 72 horas. Nesse intervalo, ocorreu o revolvimento para garantir secagem uniforme e obtenção do produto seco de qualidade.

2.3 Composição química

No Laboratório de Química e Físico-Química de Alimentos do INPA foram determinados os valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), potencial hidrogênio (pH) seguindo a metodologia usada por Silva e Queiroz (2012). A umidade da amostra foi determinada pelo método gravimétrico, em estufa a 105°C até o peso constante. O teor de proteína bruta foi obtida pelo método de Kjeldahl, o extrato etéreo foi realizado após extração com hexano, pelo método de Soxhlet e o teor de matéria mineral foi medido pela incineração em forno mufla a 550°C durante 4 horas. Os Carboidratos totais (CT) foram obtido pela equação: $100 - (\% \text{Umidade} + \% \text{PB} + \% \text{MM} + \% \text{EE})$. No Laboratório Temático de Solos e Plantas de Química do INPA, os minerais, Cálcio (Ca) e Fósforo (P) foram digeridos em extrato nítro-perclórico de acordo com a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974), e as concentrações quantificadas por espectrofotômetro de absorção atômica (Ca) e por colorimetria (P) no espectrofotômetro utilizando molibdato de amônio e ácido ascórbico.

Após a determinação da composição química, o produto seco foi embalado, e encaminhado para o setor de avicultura da UFAM, onde foi moída em um triturador, utilizando peneira com malha de 0,10 mm de diâmetro para a obtenção da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu.

2.4 Experimento de metabolização em poedeiras leves

As rações (Tabela 1) foram formuladas através do software computacional Supercrac (2004) em atendimento as exigências nutricionais dos animais e conforme os valores dos ingredientes fornecidos pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos

(Rostagno *et al.* 2011), com exceção da composição da farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu.

Tabela 1. Composição das rações experimentais de controle e contendo 3 % silagem ácida de resíduo de pirarucu.

Ingredientes	Rações Experimentais	
	0,0%	3,0%
Milho 7,88%	62,255	61,756
Farelo Soja 46%	25,871	23,758
Silagem ácida	0,000	3,000
Calcário calcítico	9,239	8,806
Fosfato bicálcico	1,693	1,716
Premix Vit. Min. ¹	0,500	0,500
Sal	0,350	0,350
DL- Metionina 99	0,092	0,114
Total (Kg)	100,000	100,000
Nutrientes calculados		
Energia Metabolizável, kcal ⁻¹ /kg	2692,59	2629,18
Proteína bruta, %	17,000	17,00
Metionina + Cistina, %	0,627	0,620
Metionina, %	0,360	0,404
Cálcio, %	4,000	4,000
Fósforo disponível, %	0,400	0,400
Sódio, %	0,157	0,156

¹ Níveis de garantia por quilograma de produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 400.000 UI, Vitamina E 2.400 mg, Vitamina K3 400 mg, Vitamina B1 100 mg, Vitamina B2 760 mg, Vitamina B6 100 mg, Vitamina B12 2.400 mcg, Niacina 5.000 mg, Pantotenato de Cálcio 2000 mg, Ácido Fólico 50 mg, Coccidiostático 12.000 mg, Colina 50.000 mg, Cobre 1.200 mg, Ferro 6.000 mg, Manganês 14.000 mg, Zinco 10.000 mg, Iodo 100 mg, Selênio 40 mg. Veículo Q.S.P. 1.000 g.

Na fábrica de ração do setor de avicultura, antes do início da mistura, foi realizada a pesagem dos ingredientes das rações. Em seguida, os ingredientes foram misturados por 15 minutos em misturador vertical, com capacidade para 500 kg.

Foram utilizadas 72 poedeiras da linhagem Hisex White com 71 semanas de idade alojadas em 12 gaiolas dimensionadas em 1,0m de comprimento, 0,45m de profundidade, 0,45m de altura com divisórias internas de 0,50m no sentido do comprimento. As aves foram pesadas com objetivo de uniformização das parcelas, apresentando peso médio de $1,50 \pm 0,0029$ kg e distribuídas em delineamento

experimental inteiramente casualizado (DIC), onde os tratamentos constituíram-se de uma dieta controle (baseado em milho e farelo de soja) e uma dieta experimental com 3% de inclusão de farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu nas rações, com seis repetições de seis aves cada. O período experimental teve duração de 12 dias, considerando sete dias de adaptação das aves às dietas e as instalações e mais cinco dias para coleta das excretas e dos dados conforme metodologia proposta por Rodrigues *et al.* (2005) e Sakomura e Rostagno (2007).

O experimento foi realizado em um galpão de cobertura de fibrocimento medindo 17,0m de comprimento, 3,5m de largura e 3,20 m de pé-direito, com corredor central e uma fileira de gaiolas de arame de cada lado, comedouros tipo calha e bebedouros tipo *nipple*.

A digestibilidade dos nutrientes das rações foi determinada utilizando-se o método de coleta total das excretas. Para este procedimento foram utilizadas bandejas acopladas sob o piso das gaiolas e forradas com plástico, de onde as excretas foram coletadas duas vezes ao dia, no início da manhã (08:00 horas) e no final da tarde (16:00 horas), e em seguida acondicionadas em sacos herméticos identificados conforme o tratamento e armazenadas em freezer.

Ao término do período de coleta das excretas, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, homogeneizadas por unidade experimental e retiradas uma amostra composta para secagem em estufa de ventilação forçada por 55°C durante 72 horas, em seguida foram moídas e junto com as rações experimentais foram analisadas para a determinação dos níveis de matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e fibra bruta e cinzas, de acordo com as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2012).

Após as análises, foram determinados os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, valores de energia metabolizável e coeficientes de metabolização aparente da energia bruta das rações conforme as equações descritas por Matterson *et al.* (1965) para avaliação dos alimentos (Sakomura & Rostagno, 2007). As equações utilizadas foram:

$$\text{CDA} = (\text{Nutriente consumido} - \text{Nutriente fecal}) / (\text{Nutriente consumido}) \times 100;$$

$$\text{EMA} = (\text{Energia Bruta ingerida} - \text{Energia Bruta excretada}) / (\text{Matéria seca ingerida});$$

$$\text{CMAEB} = (\text{Energia Metabolizável Aparente} / \text{Energia Bruta}) \times 100$$

Em que:

CDA = Coeficiente de digestibilidade aparente

EMA = Energia metabolizável aparente

CMAEB = Coeficiente de metabolização aparente da energia bruta

2.5 Análises estatísticas

Os dados coletados, a exceção dos resultados de pH, foram submetidos a análise variância (ANOVA), em seguida submetidos ao teste de comparação de médias Tukey ($P < 0,05$), utilizando o programa computacional Statistical Analysis System - SAS (2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de desenvolvimento de pH em um período de 72 horas da silagem ácida e dos resíduos *in natura* de pirarucu estão dispostos na Tabela 2. O pH foi monitorado durante o período em que a biomassa permaneceu ensilada, inicialmente encontrava-se em $6,61 \pm 0,01$ nos resíduos triturados, o seu decréscimo ocorreu mediante

a adição da mistura dos ácidos para o valor de $4,22 \pm 0,22$ no primeiro dia e $4,38 \pm 0,11$ no último dia. O resultado final do pH obtido no presente estudo encontra-se dentro do limite de 4,5 recomendado por Benites e Souza-Soares (2010) para prevenir a ação microbiológica em silagem ácida de pescado.

Tabela 2. Valores de pH dos resíduos de pirarucu e da silagem ácida*.

Dias/horas	Resíduo <i>in natura</i>	Silagem ácida
Início	$6,61 \pm 0,01$	-
1° (24 horas)	-	$4,22 \pm 0,22$
2° (48 horas)	-	$4,28 \pm 0,19$
3° (72 horas)	-	$4,38 \pm 0,11$

* Médias retiradas de três repetições \pm desvio padrão.

O pH inicial do resíduo *in natura* está dentro da faixa dos valores ($6,67 \pm 0,01$ a $6,81 \pm 0,01$) observados por Oliveira *et al.* (2014) durante o período de estocagem em gelo de 06 a 12 dias dos músculos de pirarucu, comprovando que os resíduos apresentavam condições favoráveis para serem utilizados na elaboração da silagem ácida.

Com o valor final de pH de $4,38 \pm 0,11$ não foram observadas alterações que viessem comprometer a qualidade da massa ensilada durante o período experimental. Sendo que, o pH ácido produz condições para diminuir ou impedir o crescimento de bactérias indesejáveis que causam a decomposição das proteínas e a putrefação da massa ensilada (Vieira *et al.* 2015).

A combinação de ácidos orgânicos como o fórmico e propiônico, na proporção de (1:1) ou (3:1) com 3% do volume por peso, tem sido recomendada no preparo de silagem ácida, pois mantêm as propriedades bacteriostáticas em pH mais elevados, não requerendo a necessidade de neutralização, devido ao poder de estabilização do pH da biomassa (Maia Junior e Sales; 2013). No presente estudo, não foi necessária a

neutralização da silagem antes da secagem para a inclusão na ração, devido ao pH estar próximo ao limite recomendado para prevenção microbiológica.

Através do método visual, durante a ensilagem, observou-se que as características de cor da massa residual mudaram com a adição da mistura dos ácidos fórmico e propiônico, passando da coloração levemente rosada, natural do peixe *in natura*, para cinza claro. O contato do ácido com a biomassa provoca reações que proporcionaram a liberação de nutrientes presentes na mesma (Tanuja *et al.* 2014), inibindo o crescimento de microrganismos patogênicos e deteriorantes (Venturoso *et al.* 2016), ocorrendo assim o bloqueio do mau odor (Vieira *et al.* 2015). Portanto, o aroma peculiar do pirarucu desapareceu dando lugar ao cheiro ácido, que com o passar dos dias foi se tornando brando, indicativo de que houve uma volatilização dos ácidos adicionados, tornando o produto e ambiente de trabalho livre de insetos indesejáveis.

Por meio do revolvimento, procedimento que se repetiu a cada 24 horas, observou-se a formação de líquidos sobre a massa, o líquido formado foi incorporado a biomassa por meio do mesmo processo, para permitir o máximo contato dos ácidos com os fragmentos residuais, dando consistência cremosa. Este resultado está de acordo com as observações visuais realizadas por Vasconcelos *et al.* (2011) que relataram o início da liquefação da massa homogênea no período de 24 horas e o seu aumento até o fim do experimento.

A formação de líquidos em ensilados de pescado está atribuída a contínua hidrólise proteica que acontece pela ação das enzimas proteolíticas, naturalmente presentes no músculo do pescado (Ribeiro *et al.* 2015), que se tornam aceleradas por meio da adição de ácidos, e atinge atividade mais elevada com valores de pH entre 2 e 4 (Tomczak-Wandzel e Mędrzycka 2013). Em geral, a taxa de liquefação é dependente do

tipo de matéria-prima, seu frescor, atividade enzimática, estado fisiológico do peixe e dentre outros fatores (Al-Abri *et al.* 2014). No presente estudo a formação de líquido foi pouco acentuada devido a estrutura dos resíduos que não foram moídos, somente passaram por fragmentação. O tempo em que o material passou pelo processo de ensilagem também contribuiu com este fator.

Durante o período de 72 horas de armazenagem, a biomassa ensilada adquiriu coloração marrom claro, com aroma levemente acidificado e consistência ligeiramente cremosa, pouco líquida, corroborando com os observados por Vasconcelos *et al.* (2011) em estudo sobre os padrões físico-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*).

O aroma final, levemente acidificado, foi descaracterizado durante a secagem e moagem do produto para a inclusão na ração, apresentando odor característico do pescado. Isso está relacionado ao emprego dos ácidos, por serem menos corrosivos e de fácil manipulação (Ferraz de Arruda *et al.* 2007).

Os resultados da composição química da silagem ácida e dos resíduos *in natura* de pirarucu encontram-se na Tabela 3. A composição química da silagem ácida de resíduos de pirarucu apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) em relação ao resíduo *in natura*, exceto para cálcio e fósforo.

Tabela 3. Composição química dos resíduos e da farinha de silagem ácida de pirarucu.

Composição Química	Resíduo	Silagem ácida	P Valor	CV (%)
Umidade, %	68,58	15,84	-	-
Matéria Seca, %	31,42 ^b	84,16 ^a	0,01*	0,65
Proteína Bruta, %	15,71 ^b	40,05 ^a	0,01*	3,04
Extrato Etéreo, %	6,46 ^b	26,81 ^a	0,01*	1,13
Matéria Mineral, %	3,42 ^b	9,31 ^a	0,01*	5,93
Carboidratos totais %	5,82 ^b	7,97 ^a	0,01*	1,63
Cálcio, g/Kg	66,32	65,16	0,58 ^{ns}	3,70
Fósforo, g/Kg	27,09	22,90	0,34 ^{ns}	4,54

CV – Coeficiente de variação; * Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$); ns – não significativo.

A composição química do resíduo *in natura* de pirarucu encontrada no presente estudo apresentou apenas resultados de proteína bruta abaixo dos resultados obtidos por Oliveira *et al.* (2014) que verificaram $79,51 \pm 0,52\%$ de umidade, $17,56 \pm 0,12\%$ de PB; $0,62 \pm 0,02\%$ de EE; $0,87 \pm 0,06\%$ de CZ e $1,44\%$ de carboidratos totais na parte dorsal e $77,88 \pm 0,53\%$ de umidade, $16,10 \pm 0,37\%$ de PB; $2,49 \pm 0,03\%$ de EE; $0,84 \pm 0,05\%$ CZ e $2,69\%$ de carboidratos na parte ventral do músculo do pirarucu procedentes de piscicultura.

Essa diferença na composição química entre a silagem ácida e os resíduos *in natura* de pirarucu encontra-se relacionada a retirada da umidade que permitiu a concentração dos nutrientes. No entanto, os ácidos utilizados em ensilagem contribuem para que as enzimas hidrolisem as proteínas em peptídeos e aminoácidos e os lipídios presentes nos resíduos (Tomczak-Wandzel e Mędrzycka 2013). Esta desagregação acelerada pela incorporação dos ácidos, além de reduzirem o pH, também fazem a quebra dos ossos e cartilagens, impedindo o crescimento de bactérias deterioradoras (Goddard e Perret 2005).

A concentração de proteína bruta encontrada no presente estudo foi superior aos $38,12\%$ obtidos por Ferraz de Arruda *et al.* (2009), utilizando o tratamento de ácidos sulfúrico e fórmico (3:1) em silagem produzida com resíduos frescos e semelhantes aos $40,62 \pm 0,12$, $40,45 \pm 0,06$ e $40,38 \pm 0,06\%$ de proteína bruta registrado por Ramasubburayan *et al.* (2013) fazendo uso de 2, 2,5 e 3% de ácido fórmico na elaboração de silagem ácida de pescado. De acordo com os autores supracitados a redução da proteína bruta em silagem elaboradas com ácidos está relacionada à contínua hidrólise proteica.

Os teores de matéria mineral (9,31%) encontrados no presente estudo foram superiores aos observados por Boscolo *et al.* (2010) na ordem de 6,57, 5,91 e 5,77 em 7, 91 e 201 dias de estocagem de silagem ácida de resíduos de tilápia, onde o mesmo afirma que a quantidade de matéria mineral encontrada em silagem de pescado deve-se a sua constituição residual, onde os minerais ficam mais concentrados nestes resíduos.

O valor de extrato etéreo iguais a 26,82%, observado na silagem ácida de resíduos de pirarucu encontram-se associado a parte ventral, referentes às costelas, onde estão concentrados maior conteúdo de gordura do pescado e que contribuiriam com a maior liberação de gordura durante o período de ensilagem. Tanuja *et al.* (2014) obtiveram $39,19 \pm 0,53\%$ de extrato etéreo da silagem ácida de resíduos das vísceras de carpa, sendo este valor apresentado pelo referido autor demonstra que assim como a parte ventral, as vísceras, também constituem o principal local de deposição de lipídios em pescado.

Os minerais analisados, cálcio e fósforo, encontrados para a silagem ácida são devidos à utilização das partes da estrutura óssea que constitui o pirarucu, como as costelas e vertebras que podem influenciar nos resultados. Os teores de cálcio e fósforo obtidos no presente estudo ficaram bem acima dos encontrados por Hisano *et al.* (2012), cujos valores foram de 0,06% de cálcio e 0,27% de fósforo e dos obtidos por Dale e Valenzuela (2016) na ordem de 1,01 % de cálcio e 1,08% de fósforo na composição mineral da silagem ácida de salmão seco.

A composição química da silagem de pescado pode variar de acordo com a matéria-prima empregada na produção, como: espécie de peixe, porção dentro da mesma espécie, sistema de criação, estágio de desenvolvimento dos peixes, parte

analisadas e tipo de ácidos utilizados para facilitar a hidrólise (Borghesi *et al.* 2007; Oliveira *et al.* 2012).

Os resultados observados para os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes das rações encontram-se na Tabela 4. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) nos coeficientes de digestibilidade do extrato não nitrogenado, extrato etéreo e matéria mineral. Observou-se que poedeiras alimentadas com ração contendo 3% de farinha de silagem ácida apresentaram melhor aproveitamento de extrato etéreo e matéria mineral em comparação a ração controle, podendo estes resultados estarem relacionados ao maior teor desses componentes na farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade aparente da ração referência e da ração experimental, contendo 3% de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu para poedeiras leves.

Coeficientes de Digestibilidade (%)	Rações Experimentais		P Valor	CV (%)
	0,0%	3,0%		
Matéria Seca	70,62	70,87	0,89 ^{ns}	2,94
Proteína Bruta	55,48 ^a	35,91 ^b	0,01*	9,87
Fibra Bruta	4,99	4,64	0,32 ^{ns}	13,45
Extrato Não Nitrogenado	83,61 ^b	88,67 ^a	0,01*	1,20
Extrato Etéreo	67,59 ^b	74,36 ^a	0,02*	3,51
Matéria Mineral	14,92 ^b	32,22 ^a	0,03*	20,54

CV – Coeficiente de variação; * Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$); ns – não significativo.

No presente estudo, as aves utilizadas para a análise de digestibilidade encontravam-se com 71 semanas de idade, o que pode ter influenciado diretamente a digestibilidade dos nutrientes. De acordo com Arruda *et al.* (2012) e Fernandes *et al.* (2015) aves mais velhas apresentam sistema digestivo plenamente desenvolvido e com maior produção de enzimas digestivas, na qual permite maior possibilidade de permanência e absorção de nutrientes contidos nos alimentos.

Outrora, poedeiras alimentadas com rações contendo 3% de inclusão da silagem ácida de resíduos de pirarucu apresentaram menor digestibilidade da proteína bruta ($P < 0,05$) em relação às alimentadas com a ração referência. Esse resultado pode estar atribuído aos pequenos fragmentos de peptídeos e aminoácidos livres que nos hidrolisados são mais rapidamente absorvidos do que os aminoácidos de proteínas intactas, tornando-os facilmente disponíveis para a produção de energia, ao invés de serem destinados para a síntese proteica (Hernández *et al.* 2013).

Estes resultados discordam dos obtidos por Al-Marzooqi *et al.* (2010), que constataram maior coeficiente de digestibilidade de aminoácidos em silagem de sardinha elaboradas com ácido clorídrico, concluindo que as proteínas na forma hidrolisada são facilmente utilizadas na síntese proteica pelas aves.

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) para a digestibilidade de matéria seca e fibra bruta entre a ração experimental contendo os 3% de inclusão de silagem ácida de resíduos de pirarucu e a ração referência, pois as poedeiras tiveram aproveitamento semelhantes.

Vários estudos demonstram os benefícios da silagem elaborada com adição de ácidos orgânicos na ração, como o realizado por Widjastuti *et al.* (2011) que observaram melhores resultados em aves alimentadas com dietas contendo 4% de silagem elaboradas com a adição de 3% de ácido fórmico e propiônico (1:1), e Rahman e Koh (2016) concluíram que farinha de camarão tratada com 3% de ácido fórmico proporcionaram melhor digestibilidade dos nutrientes em dietas de frangos de corte.

Os resultados de energia metabolizável aparente e coeficiente de metabolização da energia metabolizável aparente das rações estão dispostos na Tabela 5. Os valores dos coeficientes de energia metabolizável aparente e coeficientes de metabolização da

energia metabolizável aparente apresentaram diferenças significativas ($P < 0,05$) para poedeiras alimentadas com ração contendo 3% de silagem ácida na ração, em função do maior aproveitamento das fontes energéticas na dieta.

Tabela 5. Energia metabolizável aparente (EMa) e coeficiente de metabolização aparente da energia bruta (CMEMB) da ração controle e da ração experimental (contendo 3% de farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu-FSARP) para poedeiras leves.

Coeficientes de Digestibilidade (%)	Rações Experimentais		P Valor	CV (%)
	Ração Referência	Ração com 3% de FSARP		
EMa ¹	2921,18 ^b	3253,01 ^a	0,01*	0,79
CMEMB ²	78,93 ^b	81,14 ^a	0,01*	0,23

CV – Coeficiente de variação; * Médias seguidas de letras minúsculas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância ($P < 0,05$); ns – não significativo.

¹ Energia Metabolizável Aparente

² Coeficiente de Metabolização aparente da energia bruta

Em estudo realizado para a obtenção dos valores de energia metabolizável aparente, Oliveira *et al.* (2014) encontraram valores energéticos variando entre 3.804 kcal/kg a 3.842 kcal/kg em rações elaboradas com silagem de peixe ensiladas com diferentes fontes de carboidratos em dietas para frangos de corte. No presente estudo, a energia metabolizável aparente da ração contendo farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu foi de 3253,01 kcal/kg, ou seja, próximo aos valores relatados pela literatura.

No entanto, a diferença nos valores energéticos entre os trabalhos pode estar relacionada as variações na composição química do alimento (Calderano *et al.* 2010), e o seu melhor aproveitamento pelas aves. Deste modo, a avaliação nutricional de alimentos alternativos com aves destinadas a produção de ovos representa uma ação investigativa de grande valia técnica e científica, pois em muitos casos não é totalmente aproveitada, diante da escassez da diversidade regional (Melo *et al.* 2015).

4. CONCLUSÃO

Os resultados do presente estudo indicaram que a silagem ácida produzida a partir da biomassa residual do pirarucu pode ser incluída na forma de farinha ao nível de 3% em rações para poedeiras leves, apresentando boa digestibilidade dos nutrientes e potencial para ser utilizada como fonte energética.

5. REFERÊNCIAS

- Al-Marzooqi, W.; Al-Farsi M.A.; Kadim, I.T.; Mahgoub, O.; Goddard, J. S.; 2010. The effect of feeding different levels of sardine fish silage on broiler performance, meat quality and sensory characteristics under closed and open-sided. *Asian-Australasian Journal Animal Sciences*, 23: 1614-1625.
- Al-Abri, A. S.; Mahgoub, O.; Kadim, I. T.; Al-Marzooqi, W.; Goddard, S. J.; Al-Farsi, M. 2014. Processing and evaluation of nutritive value of fish silage for feeding Omani sheep. *Journal of Applied Animal Research*, 42: 406-413.
- Arruda, A. M. V.; Melo, A. S.; Oliveira, V. R. M.; Souza, D. H.; Oliveira, J. F. 2012. Avaliação nutricional do feno de maniva de mandioca com aves caipiras. *Acta Veterinaria Brasilica*, 6: 204-210.
- Benites, C.I.; Souza-Soares, L.A. 2010. Farinhas de silagem de resíduo de pescado cosecas com farelo de arroz: uma alternativa viável. *Archivos Zootecnia*, 59: 447-450.
- Borghesi, R., Ferraz de Arruda, L.; Oetterer, M. 2007. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. *Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos, Curitiba*, 25: 329-339.
- Boscolo, W. R.; Santos, A. M.; Buzanello, M. C. V.; Feiden, A., Bittencourt, F.; Signor, A. A. 2010. Avaliação microbiológica e bromatológica da silagem ácida obtida de resíduos da indústria de filetagem de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Ciências Agrárias, Londrina*, 31: 515-522.
- Borghesi, R., Portz, L., Oetterer, M. & Cyrino, J. E. P. 2008. Apparent digestibility coefficient of protein and amino acids of acid, biological and enzymatic silage for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, 14: 242-248.
- Calderano, A. A.; Gomes, P. C.; Albino, L. F. T.; Rostagno, H. S.; Souza, R. M.; Mello, H. H. de C. 2010. Composição química e energética de alimentos de origem vegetal determinada em aves de diferentes idades. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39: 320-326.
- Costa, C. N.; Portz, L.; Hisano, H.; Druzian, J. I.; Ledo, C. A. da S. (2009). Silagem ácida do resíduo do camarão *Litopenaeus vannamei* em rações para tilápia do Nilo. *Acta Scientiarum. Animal Sciences, Maringá*, 31 (2),161-167.

- Costa, T. V.; Silva, R. R. S.; Souza, J. L.; Batalha, O. S.; Hoshiba, M. A. 2013. Aspectos do consumo e comércio de pescado em Parintins. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, 39: 63-75.
- Cruz, F. G. G.; Rufino, J. P. F.; Melo, R. D.; Feijó, J. da C., Damasceno, J. L.; Costa, A. P. G. C. 2016. Perfil socioeconômico da vicultura no setor primário do estado do Amazonas, Brasil. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente, Maringá, 9: 371-391.
- Dale, N.; Valenzuela, C. 2016. Nutritional properties of dried salmon silage for broiler feeding. Animal Science Journal, 87: 791-795.
- Ferraz de Arruda, L.; Borghesi, R.; Oetterer, M. 2007. Use of fish waste as silage: a review. Brazilian Archives of Biology and Technology, 50: 879-886,
- Ferraz de Arruda, L.; Borghesi, R.; Portz, L.; Cyrino, J. E. P.; Oetterer, M. 2009. Fish Silage in Black Bass (*Micropterus Salmoides*) Feed as na Alternative to Fish Meal. Brazilian Archives of Biology and Technology, 52: 1261-1266.
- Feijó, J. da C.; Cruz, F. G. G.; Melo, R. D.; Rufino, J. P. F.; Damasceno, J. L.; Costa, A. P. G. C.; Negreiros, T. de J. N. (2016). Farinha de cará (*Dioscorea trifida* L.) sobre o desempenho, qualidade do ovo e sérica de poedeiras comerciais leves. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, 17: 413-423.
- Goddard, J.S.; Perret, J. S. M. 2005. Co-drying fish silage for use in aquafeeds. Animal Feed Science and Technology, 118: 337-342.
- Hernández, C.; Olvera-Novoa, M. A.; Voltolina, D.; Hardy, R. W.; González-Rodríguez, B.; Dominguez-Jimenez, P.; Valverde-Romero, M.; Agramon-Romero, S. 2013. Use of tuna industry waste in diets for Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fingerlings: effect on digestibility and growth performance. Latin American Journal of Aquatic Research, 41: 468-478.
- Honorato, C.; Frizzas, G. O.; Carneiro, D. J. 2012. Digestibilidade da silagem de peixe com diferentes tempos de armazenamento para alimentação do pacu (*Piaractus mesopotamicus*). Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, Campo Grande, 16: 85-95.
- Hisano, H.; Ishikawa, M. M.; Portz, L. 2012. Produção de silagem ácida a partir de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e avaliação da digestibilidade para tilápia-do-nilo. Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal, Salvador, 13: 872-879.
- Fernandes, R. T. V.; Arruda, A. M. V.; Araújo, M. S.; Melo, A. da S.; Marinho, J. B. M.; Vasconcelos, N. V. B.; Lopes, F. de F.; Holanda, J. S. 2015. Valores energéticos e coeficientes de digestibilidade de uma ração tradicional para aves Label Rouge em diferentes idades. Acta Veterinaria Brasilica, 9: 108-113.
- Maia Junior, W. M.; Sales, R. de O. 2013. Propriedades Funcionais da Obtenção da Silagem Ácida e Biológica de Resíduos de Pescado. Uma Revisão. Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal, 7: 126-156.
- Matterson, L. D., Potter, L. M., Stutz, M. W., Singesen, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. 11p. (Research Report, 7).

- Melo, R. D.; Cruz, F. G. G.; Feijó, J. da C.; Rufino, J. P. F.; Damasceno, J. L.; Dias, E. C. de S.; Brandão, A. B. T. 2015. Digestibility of Diets Containing Cara Flour (*Dioscorea trifida* L.) For Laying Hens. *International Journal of Poultry Science*, 14: 156-160.
- Oliveira, D. D.; Pinheiro, J. W.; Fonseca, N. A. N.; Oba, A. 2012. Desempenho de frangos de corte alimentados com torta de girassol. *Ciências Agrárias, Londrina*, 33: 1979-1990.
- Oliveira, C.R.C.; Ludke, M.C.M.M.; Ludke, J.V.; Lopes, E.C.; Pereira, P.S.; Cunha, G.T.G. 2014. Composição físico-química e valores energéticos de farinhas de silagem de peixe para frangos de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, 66: 933-939.
- Oliveira, P. R.; Jesus, R. S. de; Batista, G. M.; Lessi, E. 2014. Avaliação sensorial, físico-química e microbiológica do pirarucu (*Arapaima gigas*, Schinz 1822) durante estocagem em gelo. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, 17: 67-74.
- Ramasubburayan, R.; Iyapparaj, P.; Subhashini, K. J.; Chandran, M. N., Palavesam, A.; Immanue, G. 2013. Characterization and Nutritional Quality of Formic Acid Silage Developed from Marine Fishery Waste and their Potential Utilization as Feed Stuff for Common Carp *Cyprinus carpio* Fingerlings. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 13: 281-289.
- Rahman, M.; Koh, K. 2016. Effects of Formic Acid-Treated Shrimp Meal on Growth Performance and Nutrient Digestibility in Broilers. *Japan Poultry Science Association*, 53: 208-212.
- Ribeiro, I. de A.; Ribeiro, S. da C.A.; Castro, J. S. O.; Medeiros, G. K. C. Q. 2015. Obtenção e caracterização da farinha a partir de silagem ácida do resíduo da filetagem do tambaqui cultivado. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, 11: 2015-2304.
- Rodrigues, P.B.; Martinez, R.S.; Freitas, R.T.F.; Bertechini, A.G.; Filho, E.T. 2005. Influência do Tempo de Coleta e Metodologias sobre a Digestibilidade e o Valor Energético de Rações para Aves. *Brazilian Journal of Animal Science*, 34: 882-889.
- 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. de T.; Euclides, R. F. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 252p.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 283p.
- Sarruge, J. R.; Haag, H. P. 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba: ESALQ. 56 pp.
- Silva, D.J.; Queiroz, A.C. 2012. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3ª edição, Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 235p.
- Supercrac. Ração de custo mínimo. Versão 1.02, para Windows: TD Software, 2004.

Statistical Analysis System – SAS. SAS/STAT Software Version 9.2. Cary: SAS Institute Inc., 2008.

Tanuja S., Prafulla K. M., Kumar, A., Moharana, A. & Sujit, K. N. 2014. Shelf Life Study of Acid Added Silage Produced from Fresh Water Fish Dressing Waste with and without the Addition of Antioxidants. *International Journal of Agriculture and Food Science Technology*, 5: 91-98.

Tomczak-Wandzel, R.; Mędrzycka, K. 2013. Preparation, composition and properties of fish silage produced with post-coagulation sludge. *Environment Protection Engineering*, 12: 80-233.

Vasconcelos, M. M. M.; Mesquita, M. do S. C. de; Albuquerque, S. P. 2011. Padrões físico-químicos e rendimento de silagem ácida de tilápia. *Revista Brasileira Engenharia Pesca*, 6: 27-37.

Venturoso, O. J., Reinicke, F., Silva, C. C., Vieira, E. O., Porto, M. O., Cavali, J.; Tortato, N.; Ferreira, E. 2016. Silagem ácida de resíduos de peixes para frangos de corte. *Acta Veterinaria Brasilica*, 10: 284-289.

Vieira, E. O., Venturoso, O. J., Reinicke, F., Silva, C. C.; Porto, M. O., Cavali, J., Vieira, N. T.; Ferreira, E. 2015. Production, Conservation and Health Assessment of Acid Silage Vicera of Freshwater Fish as a Component of Animal Feed. *International Journal of Agriculture and Forestry*, 5: 177-181.

Widjastuti, T.; Lengkey, H. A. A.W; Wiradimadja, R.; Herianti, D. 2011. Utilizing waste product of Tuna (*Thunnus atlanticus*) fish silage and its implementation on the meat protein conversion of broiler. *Lucrări Științifice, Seria Zootehnie*, 55: 83-87.

CAPÍTULO II

DESEMPENHO, QUALIDADE E ANÁLISE SENSORIAL DE OVOS DE POEDEIRAS LEVES ALIMENTADAS COM FARINHA DE SILAGEM ÁCIDA DE RESÍDUOS DE PIRARUCU

Desempenho, qualidade e análise sensorial de ovos de poedeiras leves alimentadas com farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu

RESUMO

O trabalho objetivou avaliar o desempenho, a qualidade e análise sensorial de ovos oriundos de poedeiras comerciais leves alimentadas com rações contendo níveis crescentes de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu. Foram utilizadas 168 poedeiras da linhagem Hisex White com 73 semanas de idade, distribuídas em um delineamento experimental inteiramente casualizado com sete níveis crescentes da farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0%) e quatro repetições de seis aves cada. Os resultados dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão polinomial. Os resultados obtidos para consumo de ração, percentagem de postura, conversão alimentar quilo de ração por quilo de ovo produzido, conversão alimentar quilo de ração por dúzia de ovo produzido e massa de ovo de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) observando-se efeito quadrático. Foram observadas diferenças ($P < 0,05$) também no peso dos ovos, altura de gema, pigmentação de gema e sabor do ovo verificando efeito quadrático. A partir dos resultados encontrados, concluiu-se que a farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu pode ser incluída até o nível de 2,5% na ração de poedeiras comerciais leves sem interferir no desempenho e na qualidade dos ovos.

PALAVRAS-CHAVE: alimento alternativo, consumo, sabor, resíduo de pescado

Performance, quality and sensorial analysis of eggs from laying hens fed with acid silage flour from pirarucu residues

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the increasing levels (0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 and 3,0%) of pirarucu by-product acid silage meal in diets for laying hens on performance, egg quality and sensory analysis. 168 Hissex White laying hens 73-wk-old were distributed in completely randomized design with seven treatments and four replicates of six birds each. The experiment lasted 84 days divided into four periods of 21 days. Estimates of pirarucu by-product meal levels were determined by polynomial regression. Differences ($P < 0,05$) were observed in all variables of performance, in egg weight, yolk height, yolk pigmentation and flavor, with pirarucu by-product meal inclusion in diets showed better results than control diet. The pirarucu by-product acid silage meal can be used how alternative food in diets for commercial laying hens. Up to the 2,5% inclusion level there wasn't negative interference in performance and egg quality.

KEYWORDS: alternative feed, consumption, fish waste, flavor, performance

1. INTRODUÇÃO

Atualmente a produção avícola, corte e postura, é reconhecida como uma atividade econômica internacionalizada, uniforme e sem fronteira geográfica. No entanto, um dos entraves enfrentados pelo setor em algumas regiões brasileiras vem ser a necessidade de importar o milho e soja, principais ingredientes utilizados na elaboração de ração, que muitas vezes oneram os custos de produção devido as distâncias regionais.

Neste contexto, as pesquisas realizadas do estado com alimentos alternativos que apresentam potencial de substituição ou apenas a sua inclusão em rações para aves visam principalmente minimizar os custos com alimentação, tendo em vista que estes correspondem à cerca 70% dos custos totais de produção. Com isso, a utilização de subprodutos da agroindústria na ração tem reduzido os investimentos e oferecido aos animais uma dieta com alto valor nutritivo, além de serem ingredientes de baixo custo são encontrados com facilidades nas regiões (Enke *et al.* 2010).

Um produto que está sendo atualmente estudado no Brasil para aproveitar os resíduos provenientes do peixe é a silagem. A sua produção oferece vantagens econômicas, pois exige tecnologia simples e independente de escala (Hisano *et al.* 2012), além de utilizar material de baixo custo operacional para a transformação dos materiais residuais em produtos de alta qualidade nutricional e que pode minimizar os problemas com a poluição ambiental, bem como, servir de ingrediente na formulação de rações.

A silagem vem ser um produto pastoso de alto valor biológico resultante da conservação do peixe inteiro ou de suas partes residuais. Seu princípio consiste em acidificar o pH através da adição de ácidos orgânicos (Borghesi *et al.* 2008), que

favorecem as reações enzimáticas autolíticas presentes no músculo elevando os teores de oligopeptídeos e aminoácidos livres no produto final (Honorato *et al.* 2012).

Este trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar o desempenho, a qualidade e análise sensorial de ovos de poedeiras comerciais leves alimentadas com dietas contendo níveis crescentes de inclusão de farinha de silagem ácida produzida a partir da biomassa residual do pirarucu proveniente da reserva de desenvolvimento sustentável.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Setor de Avicultura da Faculdade de Ciências Agrárias, situado no setor Sul da Universidade Federal do Amazonas-UFAM, em Manaus-AM.

Este trabalho foi protocolado (nº 040/2015) junto à Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Amazonas a fim de viabilizar toda a execução da pesquisa.

O período experimental foi 84 dias, maio a agosto de 2016, divididos em quatro períodos de 21 dias cada. As aves foram pesadas ($1,53 \pm 0,0025$ kg) no início do experimento para uniformização das parcelas e submetidas a um período adaptativo de sete dias às rações experimentais e às instalações.

O aviário experimental utilizado possui cobertura de fibrocimento, mede 17,0m de comprimento, 3,5m de largura e 3,20m de pé-direito, com corredor central e uma fileira de gaiolas (1,0m x 0,45m x 0,45m) de arame de cada lado, com divisórias internas de 0,50m no sentido do comprimento, com comedouros lineares, tipo calha e bebedouros tipo *nipple*.

Foram utilizadas 168 poedeiras da linhagem Hisex White com 73 semanas de idade, distribuídas em 28 gaiolas de um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), onde os tratamentos constituíram de sete níveis crescentes de farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 e 3,0% na ração e quatro repetições de seis aves cada. A ração experimental e a água foram fornecidas *ad libitum* em cada unidade experimental. A coleta de ovos foi realizada duas vezes ao dia, às 08:00 horas e às 15:00 horas e suas quantidades registradas na ficha de produção, de acordo com os tratamentos e suas respectivas repetições.

Durante o período experimental, as aves receberam 16 horas de luz (12 horas natural + 4 horas artificial), com fornecimento de luz artificial nos horários de 18 à 20 horas e de 4 à 6 horas. A temperatura média e a umidade relativa do ar foram registrados duas vezes ao dia (09:00 horas e às 15:00 horas) através de um termo higrômetro digital posicionados acima da gaiola das aves no aviário, com resultados médios de $29,77 \pm 0,20^{\circ}\text{C}$ e $79,85 \pm 0,01\%$, respectivamente.

A silagem ácida foi produzida e desidratada no Laboratório de Tecnologia de Pescado da Coordenação de Tecnologia e Inovação-COTI do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA. Os resíduos do processamento do pirarucu (costelas e vertebras) foram fragmentados em triturador elétrico da marca Multinox. Em seguida foram divididas em baldes plástico com capacidade para 15 litros, onde cada recipiente recebeu 10 kg de massa triturada. Foram adicionados nos recipientes a mistura de ácidos fórmico e propiônico na proporção 1:1, na relação de 3% do volume da solução ácida em relação ao peso do resíduo sob constante homogeneização, com o objetivo de acidificar o meio, diminuir o pH para inibir a proliferação de microrganismos e

promover a hidrólise proteica, seguindo a metodologia proposta por Borghesi *et al.* (2008).

Os recipientes foram mantidos em temperatura ambiente (29 °C) por três dias, e revolvidos a cada 24 horas para promover a incorporação dos ácidos a massa ensilada. Ao final das 72 horas, para redução da umidade, o material ensilado foi depositado em bandejas de alumínio, levado à estufa de ventilação forçada, a 65 °C por 72 horas, nesse intervalo, ocorreu o revolvimento para garantir secagem uniforme e obtenção do produto seco de qualidade.

A composição química da silagem ácida e dos resíduos de pirarucu foram determinados no Laboratório de Química e Físico-Química de Alimentos, conforme a metodologia proposta por Silva e Queiroz (2012) e os minerais foram digeridos em extrato nítro-perclórico e as concentrações quantificadas por espectrofotômetro de absorção atômica (Ca) e por colorimetria (P) no espectrofotômetro utilizando molibdato de amônio e ácido ascórbico de acordo com a metodologia descrita por Sarruge e Haag (1974) no Laboratório Temático de Solos e Plantas de Química do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia-INPA. Após a determinação da composição química (Tabela 1), o produto foi embalado, e encaminhados para o setor de avicultura da UFAM, onde foi moída para a obtenção da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu.

Tabela 1. Composição química da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu*.

Componentes	Composição
Matéria Seca, %	84,16
Proteína Bruta, %	40,05
Extrato Etéreo, %	26,81
Matéria Mineral, %	9,31
Carboidratos Totais, %	7,97
Cálcio, g/kg	65,16
Fósforo, g/kg	22,90
Metabolizable energy, kcal/kg	3253,01**

* Médias retiradas de três repetições.

**Determinada através do método de cálculo para energia metabolizável aparente conforme descrito por Rostagno *et al.* (2011), onde obteve-se o valor em kcal kg⁻¹.

As dietas experimentais foram formuladas conforme as exigências nutricionais das poedeiras através do programa computacional Supercrac (2004) utilizando os valores fornecidos Rostagno *et al.* (2011) e a inclusão da silagem ácida de resíduo de pirarucu respeitam os níveis de inclusão percentuais nas rações (Tabela 2).

Tabela 2. Formulações das rações experimentais com os níveis de inclusão da silagem ácida de resíduos de pirarucu em dieta de poedeiras leves.

Ingredientes	Níveis de silagem ácida de resíduos de pirarucu por tratamento						
	0,0%	0,5 %	1,0 %	1,5 %	2,0 %	2,5 %	3,0 %
Milho (7,88%)	62,255	62,170	62,087	62,005	61,922	61,839	61,756
F. soja (46%)	25,871	25,527	25,173	24,819	24,466	24,112	23,758
Silagem ácida	0,000	0,500	1,000	1,500	2,000	2,500	3,000
Calcário calcítico	9,239	9,167	9,095	9,023	8,950	8,878	8,806
Fosfato bicálcico	1,693	1,696	1,700	1,704	1,708	1,712	1,716
Suplemento vitamínico e mineral ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
DL- Metionina (99%)	0,092	0,089	0,094	0,099	0,104	0,109	0,113
Sal	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350	0,350
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Nutriente	Níveis nutricionais						
E.M, kcal ⁻¹ /kg	2692,6	2686,8	2671,3	2660,8	2650,2	2639,7	2629,2
Proteína bruta, %	17,000	17,000	17,000	17,000	17,000	17,000	17,000
Metionina + Cistina, %	0,627	0,620	0,620	0,620	0,620	0,620	0,620
Metionina, %	0,360	0,361	0,369	0,378	0,387	0,395	0,404
Cálcio, %	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
Fósforo Disponível, %	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400	0,400
Sódio, %	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,156	0,151

¹ Níveis de garantia por quilograma de produto: Vitamina A 2.000.000 UI, Vitamina D3 400.000 UI, Vitamina E 2.400 mg, Vitamina K3 400 mg, Vitamina B1 100 mg, Vitamina B2 760 mg, Vitamina B6 100 mg, Vitamina B12 2.400 mcg, Niacina 5.000 mg, Pantotenato de Cálcio 2000 mg, Ácido Fólico 50 mg, Cocciostático 12.000 mg, Colina 50.000 mg, Cobre 1.200 mg, Ferro 6.000 mg, Manganês 14.000 mg, Zinco 10.000 mg, Iodo 100 mg, Selênio 40 mg, Veículo Q.S.P. 1.000 g.

2.1 Parâmetros Estudados no Desempenho Zootécnico

• Consumo de Ração

O consumo de ração foi determinado através do quociente entre o total de ração consumida e o número de aves em um período de 21 dias, a partir da quantidade de ração oferecida durante o ciclo, menos a sobra ao final de cada ciclo. Para o cálculo do consumo de ração foi considerado o número de aves mortas durante o ciclo.

- **Conversão Alimentar (kg de ração/kg de massa de ovo)**

Através dos dados do total de ração consumida e o total de massa de ovo produzido.

- **Conversão Alimentar (kg/dz)**

Através dos dados do total de ração consumida e o total de dúzia de ovo produzido.

- **Produção de Ovos (%)**

Foi determinada através do total de ovos produzidos e o total de ovos possíveis que seriam produzidos, multiplicado por cem.

- **Massa de Ovo (g)**

A massa de ovo foi obtida através do cálculo do produto entre peso dos ovos e o número de ovos produzidos divididos por cem.

- **Mortalidade (%)**

Foi determinada através do quociente do número de aves mortas e o total de aves ao início na parcela, multiplicado por cem.

Nos dois últimos dias de cada período, foram coletados ao acaso quatro ovos de cada parcela para mensuração da qualidade do ovo. Antes de serem submetidos à avaliação, os ovos recém postos pelas aves foram armazenados durante uma hora, até igualar sua temperatura com a temperatura do laboratório, 25 °C.

2.2 Parâmetros de Qualidade do Ovo

- **Peso do Ovo (g)**

Os ovos foram separados por repetição e pesados em uma balança analítica, a massa do ovo foi obtida através do cálculo do quociente entre o peso do ovo e a produção de ovos multiplicados por cem.

- **Gravidade Específica (g/ml³)**

Os ovos inteiros logo após a coleta foram colocados em cestas de ferro e submersos em baldes plásticos contendo diferentes soluções de cloreto de sódio (NaCl), da menor para a maior concentração, com densidade variando de 1.075 a 1.100 g/cm³, com intervalo de 0,005 entre elas. Os ovos passaram por um balde contendo água pura antes de seguirem para as soluções salinas. Os ovos foram retirados ao flutuarem até a superfície e seus respectivos valores anotados.

- **Altura do Albúmen e Gema (mm)**

Os ovos após pesados, foram quebrados sobre uma placa plana de vidro para a mensuração dos valores de altura de albúmen e da gema. Este procedimento consiste em medir com o auxílio de um paquímetro eletrônico a região mediana, entre a borda externa do albúmen e a gema.

- **Pigmentação da gema**

Está variável foi encontrada com o auxílio de um leque colorimétrico da marca ROCHE com escala numérica de 1 a 15.

- **Porcentagem de Albúmen e Gema (%)**

Para a análise de porcentagem do albúmen e da gema, foi utilizado um separador manual de albúmen e gema. O albúmen foi colocado em um béquer e pesado em balança analítica. O referente procedimento foi feito para mensurar o peso da gema. E

os valores em gramas foram anotados. Para percentagem de ambos, os pesos foram divididos pelo peso do ovo e multiplicados por cem, dando os valores em percentagem.

- **Percentagem de Casca (%)**

A percentagem de casca do ovo foi obtida depois que as cascas passaram por um período de 2 horas em uma câmara quente para secagem. Após esse período, foi utilizada uma balança analítica onde estas foram pesadas e os valores registrados em gramas. Para percentagem, os pesos foram divididos pelo peso do ovo e multiplicados por cem, dando os valores em percentagem.

- **Espessura da Casca (μm)**

Para essa determinação foram utilizadas as cascas secas. Sua leitura foi realizada com o auxílio de um micrômetro, e efetuada em três pontos: na região basal, equatorial e apical do ovo. A média, em micrômetro e os valores anotados.

- **Unidade Haugh**

Para determinação da unidade Haugh foi utilizada a fórmula matemática proposta por Haugh (1937) descrita como: $UH = 100 \times \log (H + 7,57 - 1,7 \times W^{0,37})$, sendo: H= altura do albúmen denso (mm) e W= peso do ovo (g).

2.3 Análise sensorial dos ovos

A avaliação sensorial foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Dutcosky (2007), utilizando 46 julgadores não treinados de ambos os sexos. Cada participante recebeu uma ficha de avaliação contendo Escala Hedônica Estruturada de nove pontos (9-gostei muitíssimo; 8-gostei muito; 7-gostei moderadamente; 6-gostei ligeiramente; 5-nem gostei/nem desgostei; 4-desgostei ligeiramente; 3-desgostei moderadamente; 2-desgostei muito; 1-desgostei muitíssimo), para os atributos de

aroma, aparência, cor e sabor. Foram utilizados 42 ovos experimentais (6 ovos de cada tratamento), estes ovos passaram por cozimento em água fervente (10 L) por 10 minutos após início da ebulição, a uma temperatura de 72°C, em seguida os ovos cozidos foram retirados e deixados a temperatura ambiente para esfriar. Após esse procedimento foram fornecidas as amostras de cada tratamento aos julgadores.

2.4 Análise Estatística

Os dados coletados foram submetidos à análise estatística pelo programa computacional Statistical Analysis System - SAS (2008) e as estimativas dos tratamentos foram submetidas à análise de regressão. Para a comparação entre as médias dos tratamentos, foi utilizado o teste de Tuckey a nível de 0,05% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para o desempenho das poedeiras estão presentes na Tabela 3. Foram observadas diferenças significativas ($P < 0,05$) nos resultados de consumo de ração, percentagem de postura, conversão alimentar (kg/kg e kg/dz) e massa de ovo de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu.

O consumo de ração apresentou efeito quadrático ($\hat{Y} = 108,67 + 1,7704x - 0,3122x^2$, $R^2 = 0,82$) no nível de inclusão da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu, com uma estimativa de consumo de 111,18 g/ave/dia para as poedeiras alimentadas com dietas contendo o nível inclusão de 2,38% de farinha de silagem ácida em relação aos outros níveis utilizados. Pelo teste de medias, constatou-se que o

consumo de ração com o último nível de inclusão da farinha de silagem ácida na ração foi inferior aos demais níveis e o tratamento controle.

Tabela 3. Consumo de ração (CR), percentagem de postura (PERCP), massa de ovo (MO), conversão alimentar quilo de ração por quilo de ovo produzido (CA, kg/kg) e conversão alimentar quilo de ração por dúzia de ovo produzido (CA, kg/dz).

Variáveis	Níveis de inclusão de silagem química de pirarucu (%)							P		CV,
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	3,00	Valor	R ²	%
CR, g/ave/dia	110,42	110,84	110,81	110,52	109,24	109,89	104,78*	0,01	0,82	0,46
PERCP, %	89,98	93,90	88,09	83,93	89,53	89,38	66,86*	0,01	0,62	5,14
CA, kg/kg	1,56	1,60	1,62	1,63	1,59	1,58	2,01*	0,01	0,61	5,06
CA, kg/dz	2,92	2,81	3,00	3,14	2,91	2,93	3,74*	0,01	0,58	5,63
MO, g	70,50	68,98	68,34	67,66	68,57	69,45	52,42*	0,01	0,64	4,43

CV – Coeficiente de variação. P Valor – Coeficiente de Probabilidade. R² – Coeficiente de determinação.
*Diferencia significativa (P<0,05) pelo teste Tukey.

Essa redução no consumo de ração pelas poedeiras alimentadas com o último nível de inclusão está relacionada ao teor energético da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu, uma vez que o excesso de gordura na dieta leva à saciedade pelo animal e causa modificações no nível de consumo por ser uma fator controlador. De acordo com Carioca *et al.* (2010) quando mais energia possuir o alimento menor será a sua quantidade consumida pelas poedeiras. Essa redução da ingestão de alimento é provocada pela presença de soluções lipídicas no duodeno que estimula a liberação do hormônio colecistoquinina (CCK), que atua no reflexo enterogástrico, diminuindo a velocidade da taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal (Brunelli *et al.* 2010; Pinheiro *et al.* 2012; Torres e Drehe 2015).

Entretanto, poedeiras modernas possuem capacidade de ajustar a ingestão de alimentos em função da sua necessidade energética (Gunawardana *et al.* 2008; Ribeiro *et al.* 2014). No presente estudo, a redução do consumo de ração foi registrada no

segundo ciclo avaliativo, estendendo-se até a primeira semana do terceiro. A partir deste intervalo as poedeiras voltaram ao consumo normal de ração.

Os resultados de consumo de ração encontrados no presente estudo discordam do trabalho realizado por Enke *et al.* (2010), que trabalharam com farinha de silagem ácida de resíduos de pescado, adicionadas de farelo de arroz desengordurado na ração de codornas japonesa (*Coturnix coturnix japonica*), no qual não encontraram diferença significativa entre as dietas testadas.

Vale ressaltar que estudos realizados para avaliar frangos de corte alimentados com níveis crescentes de inclusão de silagem de resíduos de pescado na dieta, tem-se obtido diferentes resultados, como os observados por Valenzuela *et al.* (2015) que verificaram aumento no consumo de 90-128g/ave até o nível de 15% de inclusão de silagem ácida de salmão, e Ramirez-Ramirez *et al.* (2016) que constataram que os níveis de inclusão de até 30% deste em dietas para frangos não influenciaram no consumo de ração.

A percentagem de postura apresentou efeito quadrático nos níveis crescentes da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu, onde a partir da derivação da equação de regressão ($\hat{Y} = 84,892 + 5,2881x - 1,0045x^2$, $R^2 = 0,62$) indicou que o melhor índice de produção (91,85) foi obtidos no nível de 2,63% de inclusão da silagem ácida. Conseqüentemente, ao avaliar a massa de ovo, também foi observado efeito quadrático ($\hat{Y} = 64,611 + 4,4612x - 0,7946x^2$, $R^2 = 0,64$), obtendo-se a máxima de 70,87g de massa de ovo no nível de 2,80% de inclusão da silagem ácida de resíduos de pirarucu na ração.

Observou-se que poedeiras alimentadas com menores níveis de inclusão de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu na ração apresentaram melhor

produção e massa de ovos em comparação com as que consumiram o último nível de inclusão de farinha de silagem ácida. A resposta à este decréscimo no consumo da ração provocou uma redução na produção e massa de ovos. De acordo com Perez-Bonilla *et al.* (2012) mudanças ocorridas na composição da dieta podem resultar em aumento no ganho de peso corporal nos animais, e diminuir a produção da massa de ovos.

A conversão alimentar (kg/kg), aumentou de forma quadrática ($\hat{Y} = 1,7239 - 0,1173x + 0,0203x^2$, $R^2 = 0,61$), com o ponto máximo de 1,55 kg/kg no nível de 2,88% de inclusão da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu nas rações. Corroborando a este resultado, a conversão alimentar (kg de ração/dúzia de ovo) também apresentou efeito quadrático ($\hat{Y} = 3,1289 - 0,1956x + 0,0361x^2$, $R^2 = 0,58$), sendo que a melhor conversão (2,86 kg/dúzia) foi obtida no nível de 2,70% de inclusão. Estes resultados foram similares com os observados por Hanna *et al.* (2013) estudando níveis crescentes de óleo de copaíba na ração de poedeiras Hisex White com 88 semanas, que também encontraram os mesmos efeitos com o aumento dos níveis na ração.

As conversões alimentares (kg/kg e kg/dúzia) apresentaram piores resultados no maior nível de inclusão da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu na ração, verificando uma relação direta com o consumo, pois quando ocorreu a redução no consumo de ração pelas poedeiras, houve aumento nas conversões alimentares e conseqüentemente a diminuição na produção e massa dos ovos.

Estão dispostos na Tabela 4 os resultados de qualidade do ovo. O peso do ovo apresentou efeito quadrático ($\hat{Y} = 59,226 + 3,2783x - 0,5817x^2$, $R^2 = 0,58$) onde através da derivação da função foi possível estimar um peso máximo de 63,84g ao incluir 2,81% de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu na ração.

Tabela 4. Peso do ovo (PO), percentagem de albúmen (PERA), percentagem de gema (PERG), percentagem de casca (PERC), altura do albúmen (AA), altura da gema (AG), espessura da casca (EC), gravidade específica (GE), unidade Haugh (UH) e pigmentação da gema (PG) de ovos de poedeiras leves.

Variáveis	Níveis de inclusão de silagem química de pirarucu (%)							P Valor	R ²	CV, %
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0			
PO, g	63,85	62,23	61,67	61,21	62,77	63,19	50,01*	0,01	0,58	4,31
PERA, %	54,59	54,66	56,72	53,69	53,63	56,02	52,91	0,07	-	3,28
PERG, %	26,42	27,05	27,18	27,88	27,89	27,87	26,85	0,31	-	3,80
PERC, %	9,43	9,55	9,60	10,01	9,20	9,39	9,73	0,09	-	3,77
AA, mm	7,73	7,21	7,68	7,86	7,50	7,77	7,49	0,29	-	5,04
AG, mm	17,72	17,43	18,06	18,77	19,42	18,67	17,59	0,05	0,57	5,15
EC, µm	33,77	35,90	35,17	35,35	35,09	35,02	36,26	0,32	-	4,00
GE, g/mL	1084,92	1102,26	1084,22	1087,11	1083,05	1083,91	1133,54	0,43	-	3,34
UH	85,55	84,15	86,90	87,63	85,49	86,92	85,87	0,43	-	2,68
PG	4,79	5,23	5,17	5,36*	5,29	5,26	4,73*	0,01	0,84	5,04

CV – Coeficiente de variação. Efeito quadrático (P<0,05). P Valor – Coeficiente de Probabilidade. R² – Coeficiente de determinação. * diferencia significativa (P<0,05) pelo teste Tukey.

Constatou-se, através do teste de comparação de médias, que o peso dos ovos diminuiu com o aumento do nível de 3,0% de inclusão da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu na ração, cujo essa diferença está relacionada ao reflexo do consumo causado pelo maior nível de inclusão. Estes resultados discordam com os observados por Jonsson *et al.* (2011) que não encontraram diferença significativa para o peso do ovo de poedeiras alimentada com 3,5 % de farinha de mexilhão na dieta.

De acordo com Well *et al.* (2010) mudanças ocorridas na redução do peso do ovo através de dietas contendo níveis crescentes de farinha de pescado ou óleo de pescado estão possivelmente associados ao ômega 3 na dieta, e as alterações no metabolismo lipídico nas aves. Alterações estas, que podem levar à redução dos triglicerídeos circundantes no plasma sanguíneo e ter um efeito limitador sobre a disponibilidade dos lipídios para a formação da gema (Kamely *et al.* 2016).

A altura da gema apresentou efeito quadrático ($\hat{Y} = 16,178 + 1,1683x - 0,1306x^2$, $R^2 = 0,57$), onde foi possível estimar o pico máximo de 18,43 mm no nível de 2,83% de inclusão da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu na ração. Estes resultados estão relacionados ao teor de ômega-3 e ômega 6 presentes nos resíduos do pirarucu (Sherr *et al.* 2014), que através do processo de silagem ácida em níveis de inclusão na ração contribuíram para o aumento da altura de gema.

De acordo com os estudos realizados para testar níveis de inclusão da farinha e óleo de pescado na dieta de poedeiras e codornas, Al-Daraji *et al.* (2011); Alemayehu *et al.* (2015); Amao *et al.* (2010) observaram aumento significativo na altura de gemas com os níveis de inclusão destes produtos na ração.

Na pigmentação do ovo foi observado efeito quadrático ($\hat{Y} = 4,3817 + 0,494x - 0,0618x^2$, $R^2 = 0,84$), apresentando um valor máximo de cor (5,31) no nível de 2,99% de inclusão da farinha de silagem ácida de resíduo de pirarucu. Parede *et al.* (2009) constataram que níveis de inclusão de 3,5% de farinha de mexilhão na alimentação de poedeiras influenciaram na pigmentação de gema.

A cor da gema do ovo é considerada um fator importante na determinação do produto para o consumidor. Desta forma, o nível de inclusão 1,5% resultaram em pigmentações de gema mais intensas na pontuação Roche e coloração menos intensa foi registrado para o último nível de inclusão. Este resultado está atribuído ao teor de gordura presente nas costelas do pirarucu, utilizadas na elaboração da silagem ácida, que contribuíram com as alterações na pigmentação da gema nos diferentes tratamentos.

A coloração da gema depende do tipo de ingrediente utilizado na composição da ração e, se o mesmo possui pigmentos necessários para o desenvolvimento de cor. Neste contexto, Saleh (2013) observou que a inclusão de óleo de pescado contribuíram para o

escurecimento da gema em níveis de 5% na dieta de poedeiras e Jonsson *et al.* (2011) observaram que poedeiras alimentadas com níveis de 7% de farinha de mexilhão na ração produziram cor mais forte de gema.

Os resultados para a percentagem de albúmen, percentagem de gema, percentagem de casca, altura do albúmen, espessura da casca, gravidade específica e unidade Haugh não foram influenciados ($P>0,05$), pelos níveis de inclusão da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu na dieta de poedeiras leves com 73 semanas de idade. Resultados semelhantes a estes foram observados por Well *et al.* (2010) que não encontraram diferença significativa em níveis de inclusão de 3,5 e 7,0% de farinha mexilhão para a maioria da qualidade do ovo estudada.

Na tabela 5, estão presentes os dados obtidos na análise sensorial dos ovos de poedeiras alimentadas com níveis crescentes de farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu. Dos atributos avaliados na análise sensorial não houve diferença significativa das variáveis analisadas, sendo que na análise de regressão indicou efeito quadrático ($\hat{Y} = 7,333 - 0,249x + 0,0308x^2$, $R^2 = 0,60$), com estimativa de (6,89) no nível de 4,04% de inclusão, indicando que o aumento da inclusão da farinha de silagem ácida de pirarucu na ração não influencia ou altera o sabor dos ovos.

Os avaliadores atribuíram notas entre 6,33 a 7,58 indicando que gostaram ligeiramente e gostaram moderadamente. Estes resultados concordam com os relatados por Yi *et al.* (2014) que não encontram diferenças significativas no sabor entre os ovos de poedeiras alimentadas com farinha de salmão em comparação a dieta controle.

Tabela 5. Aroma (ARO), cor (COR), sabor (SAB) e aparência (APA) de ovos oriundos de poedeiras alimentadas com rações contendo níveis crescentes de silagem química de pirarucu (%).

Variáveis	Níveis de inclusão de silagem química de pirarucu (%)							P Valor	R ²	CV, %
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0			
ARO	6,50	6,50	5,91	6,41	6,91	6,58	6,41	0,87	-	24,84
COR	6,91	5,91	6,00	5,91	6,83	6,66	6,41	0,54	-	25,88
SAB	7,41	6,83	6,33	6,66	7,25	7,58	6,58	0,05	0,60	20,86
APA	7,16	7,33	7,08	6,50	7,16	7,66	7,25	0,61	-	19,66

CV – Coeficiente de variação. Efeito quadrático (P<0,05). P Valor – Coeficiente de Probabilidade. R² – Coeficiente de determinação. * diferencia significativa (P<0,05) pelo teste Tukey.

Seibel *et al.* (2010) verificaram que a inclusão na ração de fração sólida da silagem ácida de pescado com (3,3; 6,6; e 9,9%) e sem (5 a 10%) antioxidante proporcionaram menores modificações sensoriais do que o óleo comercial semipurificado de pescado. De acordo com os autores quando são adicionados antioxidantes em silagem, ela não produz efeito sobre o odor e sabor dos ovos. No presente estudo não foi detectado sabor desagradável de pescado, mesmo sem a adição de antioxidante em ovos produzidos com os níveis de inclusão da farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu na ração.

Alemayehu *et al.* (2015) observaram que galinhas alimentadas com rações contendo de 10 a 15% de farinha de resíduos de peixe apresentaram sabor pronunciado de pescado nos ovos em comparação aquelas alimentadas com 5% de inclusão, que não apresentaram diferença com a dieta controle. Os produtos de pescado contêm ácidos graxos de cadeia longa (Jonsson e Elwinger 2009), que podem desenvolver sabor desagradável em ovos, através do resultado da oxidação dos ácidos graxos (Jonsson *et al* 2011).

O aroma, cor e aparência dos ovos não foram afetados (P>0,05) pelos níveis de inclusão da farinha de silagem ácida de pirarucu. Resultados semelhantes a estes foram

observados por Carvalho *et al.* (2010) que não encontraram diferença significativas nos parâmetros avaliados.

3. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos no presente estudo mostram que a farinha de silagem ácida de resíduos de pirarucu pode ser utilizada como alimento alternativo em rações para poedeiras comerciais leves. Até o nível de 2,5% de inclusão não houve interferência negativa no desempenho e na qualidade dos ovos.

4. REFERÊNCIAS

- Al-Daraji, H. J. Al-Mashadani, H.A.; Al-Hayani, W.K.; Mirza, H. A.; Al-Hassani, A.S. 2011. Influence of Source of Oil Added to Diet on Egg Quality Traits of Laying Quail. *International Journal of Poultry Science*, 10: 130-136.
- Alemayehu, Y.; Urge, M.; Getu, A. 2015. Effects of Levels of Inclusion of Locally Processed Fish Waste Meal in the Diets of White Leghorn Layers on Performance Parameters, Hatchability, Economics, Egg Production and Egg Quality. *Iranian Journal of Applied Animal Science*, 5: 689-698.
- Amao, O. A.; Oladunjoye, I. O; Togun, V. A.; Olubajo, K.; Oyaniyi, O. 2010. Effect of Westwood (*Cirina forda*) Larva Meal on the Laying Performance and Egg Characteristics of Laying Hen in a Tropical Environment. *International Journal of Poultry Science*, 9: 450-454.
- Borghesi, R.; Portz, L; Oetterer, M.; Cyrino, J. E. P. 2008. Apparent digestibility coefficient of protein and amino acids of acid, biological and enzymatic silage for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture Nutrition*, 14: 242-248.
- Brunelli, S. R.; Pinheiro, J. W.; Fonseca, N. A. N.; Oba, A.; Silva, C. A. 2010. Farelo de germen de milho desengordurado na dieta de poedeiras comerciais de 28 a 44 semanas de idade. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39: 1068-1073.
- Brunelli, S. R.; Pinheiro, J. W.; Fonseca, N. A. N.; Silva, C. A. 2012. Efeito de diferentes níveis de farelo de germen de milho desengordurado em dietas suplementadas com fitase para poedeiras comerciais. *Ciências Agrárias*, 33: 1991-2000.
- Carioca, S.T.; Guimarães Cruz, F.G.; Matos, P.G.J; Maquiné, L.C.; Chagas, E.O.; Oliveira, S.C.; Santos Filho, A.B. 2010. Influência dos níveis energéticos e proteicos em rações de poedeiras leves em Manaus. *Archivos da Zootecnia*, 59: 455-458.

Carvalho, P. R. de; Pita, M. C. G.; Piber Neto, E.; Mendonça Júnior, C. X. 2010. Influência da Adição Suplementar de Fontes Ricas de PUFAS n-3 de Origem Marinha na Dieta sobre as Propriedades Organolépticas de Ovos de Galinha. *Revista Científica de Produção Animal*, 12: 236-239.

Dutcosky, S. D. *Análise sensorial de alimentos*. Curitiba: Champagnat, 2007. 239 p.

Enke, D. B. S.; Tabeleão, V.; Rocha, C. B.; Rutz, F.; Soares, L. A. de S. 2010. Efeito da Inclusão de Farinha de Silagem de Pescado Adicionada de Farelo de Arroz Desengordurado na Dieta de Codornas Japonesas (*Coturnix Coturnix Japonica*). *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, 4: 01-14.

Gunawardana, P.; Roland Sr. D. A.; Bryant, M. M. 2008. Effect of Energy and Protein on Performance, Egg Components, Egg Solids, Egg Quality, and Profits in Molted Hy-Line W-36 Hens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 17: 432-439.

Haugh, R. R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. *United States Egg Poultry Magazine*, v. 43, p. 552-555.

Hanna, A. C. S.; Cruz, F. G.; Rufino, J. P. F; Tanaka, E. de S.; Chagas, E. O.; Melo, J. B. dos S. 2013. Bioefficacy of the Copaiba Oil (*Copaifera* sp.) In Diets of Laying Hens in the Second Production Cycle in Humid Tropical Climate. *International Journal of Poultry Science*, 12: 647-652.

Hisano, H.; Ishikawa, M. M.; Portz, L. 2012. Produção de silagem ácida a partir de vísceras de surubim (*Pseudoplatystoma* sp.) e avaliação da digestibilidade para tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, 13: 872-879.

Honorato, C.; Frizzas, G. O.; Carneiro, D. J. 2012. Digestibilidade da silagem de peixe com diferentes tempos de armazenamento para alimentação do pacu (*piaractus mesopotamicus*). *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, 16: 85-95.

Jonsson, L.; Wall, H.; Tauson, R. 2011. Production and egg quality in layers fed organic diets with mussel meal. *Animal*, 5: 387-393.

Jonsson, L.; Elwinger, K. 2009. Mussel meal as a replacement for fish meal in feeds for organic poultry – a pilot short term study. *Acta Agriculturae Scandinavica – Section A, Animal Science*, 59: 22-27.

Kamely, M.; Karimi Torshizi, M. A.; Khosravinia, H. 2016. Omega-3 Enrichment of Quail Eggs: Age, Fish Oil, and Savory Essential Oil. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18: 347-359.

Parede, H.; Jönsson, L.; Johansson, L. 2009. Effects on egg quality traits of genotype and diets with mussel meal or wheat-distillers dried grains with solubles. *Poultry Science*, 89:745-751.

Pérez-Bonilla, A.; Novoa, S.; García, J.; Mohiti-Asli, M.; Frikha, M.; Mateos, G. G. 2012. Effects of energy concentration of the diet on productive performance and egg quality of brown egg-laying hens differing in initial body weight. *Poultry Science*, 91: 3156-3166.

- Pinheiro, J. W.; Fonseca, N. A. N.; Bridi, A. M.; Silva, C. A.; Oba, A.; Medeiros, L. G.; Oliveira, M. L. L. 2012. Desempenho e qualidade dos ovos de poedeiras comerciais leves submetidas a dietas contendo torta de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). *Ciências Agrárias*, 33: 1555-1564.
- Rahman, M.; Koh, K. 2016. Effects of Formic Acid-Treated Shrimp Meal on Growth Performance and Nutrient Digestibility in Broilers. *Japan Poultry Science Association*, 53: 208-212.
- Ramírez-Ramírez, J. C.; Espain, J. I. I.; Leyva, R. G.; Ulloa, J. A.; Ulloa, P. R. 2016. Use of biological fish silage in broilers feed: Effect on growth performance and meat quality. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 27: 4293-4304.
- Ribeiro, P.; Matos, Jr J. B.; Lara L. J. C.; Araújo L.F; Albuquerque R.; Baião N. C. 2014. Effect of Dietary Energy Concentration on Performance Parameters and Egg Quality of White Leghorn Laying Hens. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 16: 381-388.
- Rostagno, H.S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F. de; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. de T. Ricardo Frederico Euclides. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- Sarruge, J. R. & Haag, H. P. *Análises químicas em plantas*. Piracicaba: USP-ESALQ, 1974. 65p.
- Saleh, A. A. 2013. Effects of fish oil on the production performances, polyunsaturated fatty acids and cholesterol levels of yolk in hens. *Emirates Journal Food Agriculture*, 25: 605-612.
- Seibel, N. F.; Schoffen, D. B.; Queiroz, M. I.; Souza-Soares, L. A. 2010. Caracterização sensorial de ovos de codornas alimentadas com dietas modificadas. *Ciências e Tecnologia de Alimentos*, 30: 884-889.
- Silva, D.J.; Queiroz, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2012.
- Supercrac. *Ração de custo mínimo*. Versão 1.02, para Windows: TD Software, 2004.
- Scherr, C. Gagliardi, A. C. M.; Miname, M. H.; Santos, R. D. 2014. Fatty Acid and Cholesterol Concentrations in Usually Consumed Fish in Brazil. *Arquivos Brasileiros de Cardiologia*, 104: 152-158.
- Statistical Analysis System – SAS. *SAS/STAT Software Version 9.2*. Cary: SAS Institute Inc., 2008.
- Torres, R. de N. S.; Dreher, A. 2015. Fontes de lipídeos na dieta de poedeiras: Produção e qualidade dos ovos. *Revista Eletrônica Nutritime*, 12: 3952-3963.
- Valenzuela, C.; Carvallob, F; Moralesa, M. S.; Reyesa, P. 2015. Efecto del uso de ensilado seco de salmón en dietas de pollos broiler sobre parámetros productivos y calidad sensorial de la carne. *Archivos de medicina veterinária*, 47: 53-59.

Wall, H.; Jönsson, L.; Johansson, L. 2010. Effects on egg quality traits of genotype and diets with mussel meal or wheat-distillers dried grains with solubles. *Poultry Science*, 89: 745-751.

Yi, H.; Hwang, K. T.; Regenstein, J. M.; Shin, S. W. 2014. Fatty Acid Composition and Sensory Characteristics of Eggs Obtained from Hens Fed Flaxseed Oil, Dried Whitebait and/or Fructo-oligosaccharide. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 27: 1026-1034.