



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE AQUICULTURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**Produção e caracterização da silagem ácida elaborada em duas condições térmicas com resíduos do enlatamento de sardinha**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Aquicultura.

Orientadora: Débora Machado Fracalossi  
Coorientadora: Dariane Beatriz Schoffen Enke

Maria Fernanda Oliveira da Silva

Florianópolis - SC  
2013

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silva, Maria Fernanda Oliveira da

Produção e caracterização da silagem ácida elaborada em duas condições térmicas com resíduos do enlatamento de sardinha / Maria Fernanda Oliveira da Silva ; orientadora, Débora Machado Fracalossi ; co-orientadora, Dariane Beatriz Schoffen Enke. - Florianópolis, SC, 2013. 64 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura.

Inclui referências

1. Aquicultura. 2. nutrição. 3. pescado. 4. hidrolisado. 5. subproduto. I. Fracalossi, Débora Machado. II. Enke, Dariane Beatriz Schoffen. III. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura. IV. Título.

**Produção e caracterização da silagem ácida elaborada em duas condições térmicas com resíduos do enlatamento de sardinha**

Por

MARIA FERNANDA OLIVEIRA DA SILVA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de

**MESTRE EM AQUICULTURA**

e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Aqüicultura.

---

Prof. Alex Pires de Oliveira Nuñez, Dr.  
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

---

Dra. Débora Machado Fracalossi – *Orientadora*

---

Dra. Lia Ferraz de Arruda Sucasas

---

Dra. Maude Regina de Borba

---

Dra. Mônica Yumi Tsuzuki



## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Celso e Maryvone, pelo amor, dedicação, apoio e por todas as oportunidades a mim proporcionadas.

Às minhas irmãs, Alessandra e Marcella, pela amizade e carinho.

Ao meu namorado, Guilherme, pelo amor, paciência e companheirismo.

À Professora Débora Machado Fracalossi pela orientação, confiança depositada e oportunidade de conviver esses anos com seu exemplo de competência e dedicação.

À Professora Dariane B. Schoffen Enke, pela co-orientação, conhecimentos repassados e por ter acreditado no meu potencial para a realização deste estudo.

Aos colegas do Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI) pela ajuda e contribuição durante todo o meu mestrado. Especialmente aos que muito me ajudaram durante as etapas de realização dos experimentos e análises: Daniel Yamashita, Juliano Silva, Lucas Laurini, Maitê Florindo, Mayara Esmeraldino, Janice de Souza, Fernando Brignol, Ariane Rocha e Natália Garcia.



## RESUMO

A silagem de pescado é uma alternativa proteica no fabrico de rações para aquicultura. Entretanto, supõe-se que a composição e qualidade da silagem podem variar dependendo da temperatura prevalente por ocasião da sua preparação. Para testar esta hipótese, comparou-se a composição nutricional da silagem ácida elaborada com resíduos do enlatamento de sardinha produzida no verão, com temperatura média do sistema de  $21,87 \pm 0,99^\circ\text{C}$ , com aquela produzida no inverno, a  $16,93 \pm 0,70^\circ\text{C}$ . Depois de trituração a matéria-prima, foi adicionado ácido acético (10% v/p) e antioxidante BHT (2% p/p) com posterior homogeneização e acondicionamento do produto final em recipientes de polietileno, durante 30 dias. Ao final do processo foram obtidas três frações: líquida, pastosa e mineral. As estações do ano não influenciaram ( $P > 0,05$ ) os parâmetros microbiológicos analisados nas silagens, entretanto, a silagem produzida no verão apresentou maior concentração de amins biogênicas, exceto a tiramina. Nas frações líquidas, a gordura foi maior ( $P < 0,05$ ) no inverno e a matéria mineral maior no verão; já nas frações minerais, a proteína bruta foi maior no inverno e a matéria mineral maior no verão; nas frações pastosas, o teor proteico foi maior no inverno, enquanto extrato etéreo e matéria mineral, maiores no verão. Todos os aminoácidos foram encontrados em maior concentração na fração pastosa produzida no inverno ( $P < 0,05$ ). Na fração mineral, apenas o cálcio apresentou diferença (maior no inverno). A hidrólise proteica durante o processo de silagem aumentou a solubilidade da proteína em ambas as estações, demonstrando a eficácia do processo no aumento da disponibilidade proteica e seu potencial para uso em rações animais.



## ABSTRACT

Fish silage is an alternative protein in the manufacture of feed for aquaculture. However, it is assumed that the silage quality and composition may vary depending on the temperature prevailing during mixing. To test this hypothesis, we compared the nutritional composition of silage made with sardine canning waste produced in the summer (average temperature of the system at  $21.87 \pm 0.99^\circ \text{C}$ ) to that produced in winter (at  $16.93 \pm 0.70^\circ \text{C}$ ). After grinding the waste, 10% acetic acid (v/w) and antioxidant BHT (2% w/w) were added; the mixture was manually homogenized, and stored in polyethylene drums for 30 days. The seasons did not affect ( $P > 0.05$ ) the microbiological parameters analyzed in the silages; however, silage produced in summer showed higher concentration of biogenic amines except for tyramine. Within the liquid fractions, fat was higher ( $P < 0.05$ ) in winter and ashes were higher in summer; whereas within the mineral fractions crude protein was higher in winter and ashes higher in summer. Within the pasty fraction, the protein content was higher in winter, while ether extract and ashes were higher on summer. All amino acids were found in higher concentrations in the pasty fraction produced in winter ( $P < 0.05$ ). Within the mineral fraction, only calcium was significantly different (higher in winter). The protein hydrolysis during the ensiling process increased the solubility of the protein in both seasons, demonstrating the effectiveness of the process to increase protein availability and its potential for use in animal feeds.



## LISTA DE FIGURAS

### PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM ÁCIDA ELABORADA EM DUAS CONDIÇÕES TÉRMICAS COM RESÍDUOS DO ENLATAMENTO DE SARDINHA

Figura 1 - Variação da temperatura e pH ao longo do período de ensilado. ....	36
Figura 2 - Curva do valor da proteína solúvel (em relação à proteína bruta) das silagens produzidas no verão e inverno. ....	44
Figura 3 - Distribuição dos nutrientes nas silagens produzidas no verão e inverno. ....	45

### ANEXOS

Figura 1 – Resíduo de sardinha coletado no verão. ....	62
Figura 2 – Resíduo de sardinha coletado no inverno ....	62
Figura 3 - Armazenamento das silagens em recipientes fechados (capacidade para 40 L). ....	63
Figura 4 – Aspecto inicial da silagem (1º dia). ....	63
Figura 5 – Aspecto final da silagem (30º dia) ....	64



## LISTA DE TABELAS

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Tabela 1 - Composição centesimal de silagens de pescado encontradas na literatura..... 23

Tabela 2 - Estudos sobre o uso de silagem em dietas na aquicultura. .... 25

### PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM ÁCIDA ELABORADA EM DUAS CONDIÇÕES TÉRMICAS COM RESÍDUOS DO ENLATAMENTO DE SARDINHA

Tabela 1 – Composição das matérias-primas nas diferentes estações... 36

Tabela 2 – Concentração de amins biogênicas nas matérias-primas e silagens nas diferentes estações..... 37

Tabela 3 – Análise microbiológica das matérias-primas e silagens nas diferentes estações. .... 40

Tabela 4 – Rendimento das frações obtidas das silagens. .... 41

Tabela 5 – Composição das frações das silagens produzidas no verão e inverno..... 42

Tabela 6 – Perfil de aminoácidos essenciais das frações pastosas das silagens produzidas no verão e inverno comparado a farinhas de peixe (resíduo e inteiro) e exigências da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e salmão do Pacífico (*Oncorhynchus spp.*)..... 47

Tabela 7 – Perfil de minerais das frações pastosa e mineral das silagens de pescado e farinha de peixe no inverno e verão. .... 49



## SUMÁRIO

Revisão de literatura.....	17
Produção e industrialização do pescado.....	17
Resíduos de pescado.....	17
Silagem de pescado.....	19
Silagem química.....	20
Silagem biológica.....	21
Silagem enzimática.....	21
Valor nutricional da silagem.....	21
Silagem de pescado no fabrico de rações.....	24
JUSTIFICATIVA.....	28
OBJETIVOS.....	29
Objetivo Geral.....	29
Objetivos Específicos.....	29
PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM ÁCIDA ELABORADA EM DUAS CONDIÇÕES TÉRMICAS COM RESÍDUOS DO ENLATAMENTO DE SARDINHA.....	30
Resumo.....	31
1. Introdução.....	32
2. Materiais e métodos.....	33
3. Resultados e discussão.....	35
4. Conclusões.....	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA REVISÃO.....	56
ANEXOS.....	62



## REVISÃO DE LITERATURA

### PRODUÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DO PESCADO

A produção total mundial de pescado atualmente é aproximadamente de 149 milhões de toneladas, sendo cerca de 80% utilizado para a alimentação humana (FAO, 2012). Em 2009, o pescado proveniente da pesca e aquicultura contribuiu com 16,6% do consumo mundial de proteína animal e com 6,5% de toda proteína consumida (FAO, 2012). Considerando o aumento da população e a estagnação das capturas pela pesca extrativista, torna-se evidente a importância da aquicultura mundial na produção de alimento. Nas últimas três décadas, os valores da pesca extrativista pouco variaram, enquanto a aquicultura aumentou doze vezes sua produção (FAO, 2012). No Brasil, a produção total é de 1,2 milhões de toneladas, 40% oriundos da aquicultura e 60% da pesca (MPA, 2012). O Estado de Santa Catarina produz 185 mil toneladas de pescado (70% proveniente da pesca e 30% da aquicultura).

A sardinha é um importante recurso pesqueiro nas regiões sudeste e sul do Brasil. Nos últimos dez anos, as espécies *Sardinella brasiliensis*, *Sardinella aurita* e *Sardina pilchardus* representaram mais de 95% da produção de conservas brasileiras denominadas de sardinha (SANTOS e GONÇALVES, 2011). Em Santa Catarina, as espécies capturadas são a sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), sardinha-cascuda (*Harengula clupeiola*) e sardinha-laje (*Ophistonema oglinum*), e em 2010 a captura destas três espécies no estado totalizou 23 mil toneladas (UNIVALI/CTTMar, 2011). Diversas empresas trabalham com beneficiamento de pescado, inclusive a sardinha, sendo que o processo anterior ao seu enlatamento consiste na remoção da cabeça, nadadeiras e vísceras. A remoção das vísceras pode ser feita manualmente ou automaticamente, através de sucção.

### RESÍDUOS DE PESCADO

O termo resíduo refere-se aos subprodutos e sobras do processamento de alimentos que possuem baixo valor de mercado. Os resíduos de pescado podem ser constituídos de aparas do toalete antes do enlatamento, carne escura, camarões fora do tamanho para descasque manual ou mecânico, cabeças, carcaças e pescado descartado, impróprio para o consumo humano (OETTERER, 1994). Esta matéria-prima possui características bioquímicas importantes (aminoácidos, ácidos

graxos, enzimas), desta forma, o grau de contaminação microbiana deve ser acompanhado durante todo seu processamento. A deterioração do pescado se instala logo após a captura, sendo que a velocidade de uso do substrato pelos microrganismos depende basicamente da temperatura, carga microbiana e, principalmente, do tempo até o seu processamento (OGAWA e MAIA, 1999).

Por se tratar de potencial poluente com difícil descarte, os resíduos de pescado gerados pela indústria são considerados um problema, principalmente, por envolver custos extras de processamento, uma vez que as indústrias devem se adequar às leis ambientais e possuir maquinário específico para o processo (OETTERER, 1994). Para minimizar estes problemas e proporcionar maior eficiência ao processo, estes resíduos são transformados em subprodutos com alto valor agregado. De um modo geral, peixes sem interesse comercial ou resíduos gerados no seu processamento, sofrem tratamento termomecânico, originando a farinha e o óleo de pescado (FAO, 2012). Entretanto, há situações em que uma parte destes resíduos é descartada nas imediações do local, aumentando o problema de contaminação ambiental (OETTERER, 1994). Por outro lado, as grandes indústrias de pescado, que possuem plantas produtoras de farinha de resíduos dependem do acúmulo destes para viabilizar economicamente a obtenção do produto. Durante esta espera, ocorre o início da deterioração dos resíduos acumulados e, com isto, perda da qualidade nutricional e desuniformidade da matéria-prima.

A farinha de peixe, principal fonte proteica utilizada em dietas na aquicultura mundial, apresenta queda em sua oferta, enquanto a demanda é crescente, ocasionando elevação no valor comercial e variação na disponibilidade deste ingrediente. Estes fatores afetam significativamente a sustentabilidade e rentabilidade da criação de espécies aquícolas, principalmente as carnívoras, mais dependentes deste insumo (NAYLOR et al., 2000; OLVERA-NOVOA et al., 2002; TACON e METIAN, 2008; HARDY, 2010). A utilização de fontes proteicas alternativas à farinha de peixe com menor custo, mas que promovam o crescimento adequado dos peixes é vantajosa para a indústria de rações e aquicultura. A identificação destas fontes deve considerar a diminuição dos impactos econômicos e ambientais e, ao mesmo tempo, atender as exigências nutricionais das espécies cultivadas (ARVANITOYANNIS e KASSAVETI, 2008).

Produtos obtidos por meio de tratamentos biotecnológicos, que possam ser incorporados como ingredientes na formulação de dietas, como hidrolisados proteicos e silagens, fornecem alternativa adicional

para os resíduos mal aproveitados da indústria de pescado (GILDBERG e STENBERG, 2001; FORSTER, 2008). Ao serem adicionados às dietas, estes ingredientes podem reduzir custos e ao mesmo tempo manter, ou até mesmo melhorar, a qualidade nutricional e a atratividade das dietas destinadas à alimentação animal. A utilização da silagem de pescado como substituto de ingredientes proteicos em rações surge como alternativa simples e de baixo custo para suprir o déficit global de farinha de peixe e para solucionar os problemas de ordem sanitária e ambiental, causados pela falta de destino adequado do rejeito e resíduo da indústria de pescado (BORGHESI et al., 2007).

## SILAGEM DE PESCADO

A produção de silagem de resíduos de pescado é uma técnica antiga de preservação da matéria orgânica (HAMMOUMI et al., 1998). O método de obtenção surgiu nos países escandinavos, sendo a Suécia o primeiro país a produzir silagem de pescado em 1936, em experimentos que utilizaram misturas de ácido sulfúrico e clorídrico, ácido sulfúrico e melação e ácido fórmico (BERAQUET e GALACHO, 1983). Na Polônia e Dinamarca, a silagem é produzida comercialmente desde a década de 60 na fabricação de alimentos para aves e suínos ou como complemento proteico em rações para a aquicultura (OETTERER, 1994). Atualmente, no Chile, onde a indústria de processamento de salmão gera grandes quantidades de resíduo, a prática da acidificação imediata destes já é bastante difundida (AQUA, 2012)

A silagem é um produto liquefeito obtido a partir de rejeitos ou resíduos do beneficiamento de pescado (TATTERSON e WINDSOR, 1974). A silagem pode ser química, quando preservada por ação de ácidos, ou biológica, quando preservada por acidez de fermentação microbiana induzida por carboidratos. A liquefação da biomassa é promovida pela atividade de enzimas proteolíticas, naturalmente presentes no pescado ou adicionadas (silagem enzimática) (MORALES-ULLOA e OETTERER, 1997; FERRAZ de ARRUDA et al., 2007), durante um período de um a vários dias, dependendo da temperatura de hidrólise. Nos peixes eviscerados, o mecanismo de liquefação se dá por meio das enzimas presentes nos tecidos, porém naqueles não eviscerados, as principais enzimas responsáveis pela autólise são aquelas presentes nas vísceras, o que torna a hidrólise mais rápida, devido a maior concentração de enzimas em relação à massa residual total.

A tecnologia de produção de silagem pode ser iniciada no local de beneficiamento do pescado, sendo uma alternativa que mantém a qualidade do produto, além de aumentar a higiene e diminuir a poluição ambiental, gerando um produto de alto valor nutritivo, com várias possibilidades de utilização (BORGHESI et al., 2007). A manutenção da qualidade nutricional dos resíduos ocorre pela sua conservação imediatamente após sua obtenção, o que preserva as características originais da matéria prima. Outro ponto relevante é a possibilidade dos rejeitos e resíduos de pesca, gerados em indústrias de menor porte, serem transformados em silagem e conservados até a obtenção de um montante que viabilize seu transporte até as fábricas de ração. Isto a um baixo custo e com reduzido gasto de energia, já que a silagem não necessita aquecimento no processamento, nem resfriamento na armazenagem.

De acordo com Kompang (1981), o aproveitamento dos resíduos de pescado sob a forma de silagem, quando comparado com o processamento de farinha de pescado apresenta vantagens, por ser um processo simples e acessível à produção em pequena escala e não exigir mão de obra especializada, alto investimento em energia ou equipamentos. Outras vantagens da silagem seriam: 1) efluentes e odores reduzidos, diminuindo os problemas ambientais de poluição do ar que acontecem com as plantas processadoras de farinha; 2) odores ácidos exalados não atacam insetos; 3) produto microbiologicamente estável, que pode ser utilizado na forma líquida, pastosa ou seca e 3) produto não necessita de refrigeração durante seu armazenamento. Entretanto, a silagem apresenta algumas desvantagens: é um produto volumoso, com estocagem e transporte difíceis. Além disso, muitos peixes tropicais têm alto teor de gordura, o que complica o preparo da silagem, prejudicando o produto final (TEJADA, 1992; VALERIO, 1994).

### Silagem Química

A silagem química (ou ácida) é aquela em que a matéria-prima é misturada a ácidos orgânicos ou minerais e se liquefaz devido à ação de enzimas naturalmente presentes no pescado, sendo o crescimento microbiano inibido devido o baixo pH (BERAQUET e GALACHO, 1983).

Para preparo da silagem ácida, a matéria-prima deve ser preferencialmente moída ou cortada em pequenos pedaços. A seguir, o ácido é adicionado até a liquefação ocorrer. Normalmente emprega-se a temperatura ambiente e o tempo decorrente da estocagem deste sistema

levará às modificações bioquímicas desejadas. É importante revolver a mistura para que a matéria-prima entre em contato com o ácido, uma vez que partes do material sem tratamento podem entrar em putrefação. Para que haja uma completa inibição microbiana é necessário que o pH seja mantido a menos de 4,5. Após a mistura inicial, o processo de silagem se inicia naturalmente, contudo o revolvimento ocasional da mistura proporciona a obtenção de maior uniformidade. Durante o processo, as proteínas são hidrolisadas pelas enzimas e o nitrogênio se torna mais solúvel.

### Silagem Biológica

A silagem biológica é o processo de fermentação onde os compostos orgânicos presentes nos resíduos do pescado (açúcares, proteínas, aminoácidos, compostos nitrogenados e nucleotídeos) fornecem substrato para ação de microrganismos, que os convertem em moléculas mais simples, utilizando-as como fonte de energia para sobrevivência (MACHADO, 1998). Como o pescado é pobre em carboidratos, são adicionados ingredientes como o melaço ou farinhas de cereais, além da inoculação com culturas de bactérias como *Lactobacillus plantarum*, *Pediococcus* sp, *Streptococcus lactis*, leveduras e outros microrganismos (BERAQUET e GALACHO, 1983). Neste processo, a fermentação microbiana produz ácido lático, que baixa o valor do pH, provocando a liquefação do pescado e agindo como meio de preservação ácida.

### Silagem Enzimática

No processo de silagem enzimática de pescado são utilizadas enzimas proteolíticas de origem vegetal, as quais atuam como catalisadores biológicos para acelerar a hidrólise das proteínas. Neste caso, as técnicas de preparação são mais complexas e exigem maior cuidado (BERAQUET e GALACHO, 1983).

## VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM

O grande potencial de utilização da silagem de pescado na aquicultura se deve à semelhança desta fonte proteica com o material que lhe deu origem (KOMPIANG, 1981; HAARD et al., 1985).

O principal valor nutricional da silagem consiste na elevada digestibilidade proteica, pois no produto final a proteína já está hidrolisada na forma de peptídeos e aminoácidos livres (HERTRAMPF e PIEDAD-PASCUAL, 2000). Esta alta digestibilidade deve ser

preservada, evitando-se a estocagem prolongada e consequente hidrólise excessiva (ESPE et al., 1989; OETTERER, 1999). Limitando a hidrólise proteica, o valor nutricional do produto final é superior, quando comparado a um material excessivamente hidrolisado (STONE et al., 1989; VIANA et al., 1999; GODDARD e AL-YAHYAI, 2001). Isto ocorre devido a melhor absorção dos peptídeos de cadeia curta em relação aos aminoácidos livres, que rapidamente são desviados da síntese proteica e entram na rota catabólica (ESPE et al., 1989). Estas moléculas de baixo peso molecular possuem, ainda, propriedades estimulantes do apetite (RUNGRUANGSAK e UTNE, 1981; NRC, 2011).

Alguns estudos sobre a composição nutricional da silagem foram realizados e os principais resultados estão expressos na Tabela 1. A maioria deles utilizou resíduos de tilápia como matéria-prima (OLIVEIRA et al., 2006; CARVALHO et al., 2006; VIDOTTI e GONÇALVES, 2006 e FERRAZ de ARRUDA et al., 2006); porém existem também estudos de caracterização com resíduos de zoiúdo (*Geophagus surinamensis*) e sardinha anchovada (ABIMORAD et al., 2009 e FERRAZ de ARRUDA et al., 2009, respectivamente).

Tabela 1 – Composição centesimal de silagens de pescado encontradas na literatura.

<b>Nutrientes (% matéria úmida)</b>				<b>Resíduo</b>	<b>Referência</b>
<b>Proteína Bruta</b>	<b>Extrato Etéreo</b>	<b>Cinzas</b>	<b>Umidade</b>		
6,60	6,50	5,50	80,00	Zoiúdo	Abimorad et al., 2009
11,48	17,94	5,29	62,54	Tilápia	Vidotti e Gonçalves, 2006
12,22	18,83	5,49	62,03	Tilápia	Vidotti e Gonçalves, 2006
12,52	16,48	6,04	62,60	Tilápia	Vidotti e Gonçalves, 2006
12,85	3,89	4,17	78,32	Tilápia	Ferraz de Arruda et al., 2006
15,52	4,48	23,78	45,46	Sardinha anchovada	Ferraz de Arruda et al., 2009
29,46	17,09	12,05	48,87	Tilápia	Carvalho et al., 2006
48,30	19,25	29,38	42,09	Tilápia	Oliveira et al., 2006

No estudo relatado por Vidotti et al. (2003) foram realizadas análises de proteína bruta e perfil de aminoácidos em silagens ácidas produzidas a partir de três diferentes tipos de matéria-prima: descarte de peixes de água doce, descarte de peixes de água salgada e resíduos da filetagem de tilápia-do-Nilo. Todas as três silagens apresentaram valor adequado para utilização como ingredientes em dietas para a nutrição de peixes. Boelter et al. (2011) analisaram a composição nutricional e perfil de aminoácidos da farinha de silagem elaborada com resíduos de sardinha e concluíram que este ingrediente possui um teor alto de nutrientes essenciais para rações aquícolas, além de um elevado conteúdo de serina, ácido glutâmico e arginina.

## SILAGEM DE PESCADO NO FABRICO DE RAÇÕES

A elaboração de silagens a partir de resíduos de pescado, visando a utilização como ingrediente em rações na aquicultura, tem sido amplamente estudada. Muitos autores acreditam que devido à semelhança desta fonte com a matéria-prima, a silagem tenha elevado potencial de uso. Outros se apoiam no baixo custo, principalmente quando comparada à farinha de peixe (DAS et al., 1993; FAGBENRO et al., 1994; GODDARD e AL-YAHYAI, 2001; VIDOTTI et al., 2003). Estudos relacionados ao uso da silagem como ingrediente em dietas na aquicultura estão sumarizados na Tabela 2.

Um estudo com enguias (*Anguilla* sp) constatou que a produção de silagem pode ser uma solução parcial para o uso de subprodutos, reduzindo o custo de criação. Alevinos alimentados com dietas isoenergéticas e isonitrogenadas, contendo diferentes percentagens de inclusão de silagem de peixe (10, 15 e 20%), apresentaram melhor desempenho quando comparados àqueles submetidos à dieta controle, na qual a fonte proteica era uma mistura de farinha de carne e peixe. A melhora no desempenho foi atribuída ao aumento na ingestão de ração, devido à possível presença de atrativos alimentares na silagem (GONÇALVES et al., 1989).

Ramos et al. (1994) relataram que o pescado fresco preservado em ácido pode ser uma boa fonte de proteína e que o seu valor nutricional, quando incluído em dietas para tambaqui (*Colossoma macropomum*) em uma proporção de 13% em base úmida e misturado com cereais, foi comparável à farinha de pescado, não prejudicando o desempenho dos animais.

Tabela 2 - Estudos sobre o uso de silagem em dietas na aquicultura.

Espécie	Peso inicial (g)	Tipo silagem	Resíduo	Tratamentos	Variáveis analisadas	Conclusão	Referência
Tilápia-do-Nilo <i>Oreochromis niloticus</i>	83,1	Ácida (ácido sulfúrico + ácido fórmico 1% cada)	Filetagem de zoiúdo ( <i>Geophagus surinamensis</i> )	Ração comercial e ração artesanal	GP, SO, CO, CA, TCE	Não houve diferença entre as rações	Abimorad et al., 2009
	0,525	Ácida (3% de ácido fórmico)	Filetagem de tilápia	0, 10, 20, 30 e 40% em substituição à FP	GP, CO, CA	Pode substituir até 40% a FP	Pimenta et al., 2008
	8,2	Biológica (co-seca com farelo de soja)	Tilápia	Inclusão de 0, 25, 50 e 75% de silagem em substituição à FP	GP, TCE, TEP	Pode substituir até 75% da FP	Fagbenro et al., 1994
“Black bass” <i>Micropterus salmoides</i>	22,0	Ácida (ácido sulfúrico + ácido fórmico 3:1)	Sardinha anchovada	0, 7,5, 10, 12,5 e 15% em substituição à FP	GP, CA, TEP, TCE	Inclusão de até 15% em substituição à FP	Ferraz de Arruda et al., 2009

Continua...

FP= farinha de peixe, GP= ganho em peso, SO= sobrevivência, CO= consumo, CA= conversão alimentar, TCE= taxa de crescimento específico, TEP= taxa de eficiência proteica, FC= fator de condição.

Continuação da Tabela 2

Espécie	Peso inicial (g)	Tipo silagem	Resíduo	Tratamentos	Variáveis analisadas	Conclusão	Referência
Jundiá <i>Rhamdia quelen</i>	48,11	Ácida (10% ácido acético)	Rejeitos de birú ( <i>Cyphocharax voga</i> )	0, 12,5, 25, 37,5 e 50% de substituição à levedura de cana	GP, TCE, FC, SO	Pode substituir em até 33% a levedura de cana	Enke et al., 2009
Bagre africano <i>Clarias gariepinus</i>	10,8	Biológica (co-seca com farelo de soja)	Tilápia	Inclusão de 0, 25, 50 e 75% de silagem em substituição à FP	GP, TCE, TEP	Pode substituir até 75% da FP	Fagbenro et al., 1994
Rã-touro <i>Rana catesbeiana</i>	0,024	Ácida (ácido sulfúrico + ácido fórmico 2% cada)	Filetagem de tilápia e descarte de peixes de água doce	50 e 100% de substituição à FP	GP, CA, TEP, TCE	Pode substituir até 50% a FP	Secco et al., 2002
Camarão branco <i>Litopenaeus schmitti</i>	Juvenis	Biológica	Rejeitos de sardinha e resíduos de peixes	0, 5, 10 e 15% de inclusão	GP, SP, CA	Inclusão de até 15%	González et al., 2007

FP= farinha de peixe, GP= ganho em peso, SO= sobrevivência, CO= consumo, CA= conversão alimentar, TCE= taxa de crescimento específico, TEP= taxa de eficiência proteica, FC= fator de condição.

Estudos demonstraram a boa aceitabilidade da silagem de peixe como um ingrediente em rações para o bagre africano (*Chrysichthys nigrodigitatus*), sugerindo-a como uma alternativa econômica ao uso da farinha de peixe (CISSE et al., 1995).

A inclusão de silagem biológica de resíduos de tilápia co-seca foi testada como substituto da farinha de peixe em dietas para juvenis de bagre africano (*Clarias gariepinus*) e tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). Os resultados de desempenho produtivo das espécies não foram prejudicados pela inclusão do ingrediente, e a silagem pode substituir até 75% da farinha de peixe (FAGBENRO et al., 1994).

O desempenho da tilápia-do-Nilo foi avaliado, quando alimentada com dietas suplementadas com silagem ácida de resíduos de filetagem de tilápia. Concluiu-se que a silagem ácida pode ser utilizada eficientemente por esta espécie e, nos níveis de substituição à farinha de peixe de até 40%, não prejudica os índices zootécnicos (PIMENTA et al., 2008).

Para o “black bass” (*Micropterus salmoides*), espécie carnívora de água doce introduzida no Brasil, foi possível substituir 15% da farinha de peixe da dieta por silagem ácida de resíduos de sardinha anchovada, mantendo um bom desempenho dos peixes (FERRAZ de ARRUDA et al., 2009).

Foram avaliados o desempenho e o rendimento de carcaça em juvenis de jundiá (*Rhamdia quelen*), alimentados com farinha de silagem química de rejeitos de pescado em substituição à levedura de cana, em dietas à base de ingredientes vegetais (dieta controle). A inclusão de 30 a 33% da farinha de silagem química de rejeitos de pescado na dieta proporcionou melhor desempenho para juvenis de jundiá, não afetando a sobrevivência e a qualidade de água (ENKE et al., 2009).

Foi avaliado o efeito da substituição da farinha de peixe por diferentes tipos de silagens de peixe na alimentação de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*). O desempenho e a composição corporal dos girinos indicaram que a farinha de peixe em dietas para girinos pode ser substituída em até 50% por silagem ácida de resíduo de filetagem de tilápia, bem como por silagem de descartes de peixes inteiros de água doce (SECCO et al., 2002).

Juvenis de camarão branco (*Litopenaeus schmitti*) foram alimentados com diferentes níveis de inclusão de silagem elaborada com rejeitos de sardinha e resíduos de peixes e seu desempenho comparado à alimentação à base de ração comercial. Os resultados comprovaram a possibilidade de inclusão de até 15% da silagem na dieta sem que fosse

afetado o desempenho dos juvenis de camarão (GONZÁLEZ et al., 2007).

Atualmente no Brasil, a silagem de pescado não é fabricada em escala comercial, o que impossibilita a aquisição deste ingrediente no mercado. Entretanto, um estudo sobre a alimentação de tilápias comparando a utilização da ração comercial e ração artesanal (com silagem de peixe) mostrou não haver diferença entre o desempenho dos peixes alimentados com diferentes rações, e, além disso, relatou uma redução de 42% no valor da ração artesanal em comparação à ração comercial, produzida com ingredientes tradicionais (ABIMORAD et al., 2009). Este estudo estimou o valor da produção da silagem em R\$ 0,11/kg levando em conta os seguintes custos: taxa da licença para aquisição dos ácidos, compra dos ácidos, frete, mão de obra, energia elétrica e depreciação de equipamentos.

Todos os estudos acima relatados promovem o emprego da silagem de pescado como fonte proteica em dietas para a aquicultura. Entretanto, é importante salientar que a silagem não deve ser considerada um produto competidor e sim uma alternativa ao uso da farinha de peixe na alimentação animal. A utilização dos resíduos, gerados no processamento de pescado para consumo humano, na fabricação de ensilados é, portanto, imperativo.

## **JUSTIFICATIVA**

Um dos temas mais estudados atualmente e com grande relevância na área de nutrição aquícola é a busca por ingredientes alternativos à farinha de peixe, que possam ser utilizados na fabricação de rações. A piscicultura de peixes carnívoros, principalmente quando realizada em sistemas intensivos, requer rações de alta qualidade proteica, cuja principal fonte é a escassa farinha de peixe. A diminuição no custo de produção pode ser atingida com o emprego de ingredientes de qualidade, uso de técnicas eficazes no processamento das rações e aplicação de estratégias de alimentação. Este estudo visa fornecer uma alternativa de tratamento aos resíduos de pescado, a silagem ácida – que proporciona um produto de alto valor nutritivo com várias possibilidades de utilização (fração líquida, fração pastosa e fração mineral). Diversos estudos foram realizados visando à utilização da silagem de pescado como alternativa proteica em dietas para fins aquícolas, entretanto, são poucos os trabalhos publicados que analisaram a qualidade e composição nutricional deste ingrediente.

Santa Catarina é o principal produtor de pescado do Brasil (MPA, 2012) e também o estado responsável pela maior produção de pescado oriunda da pesca extrativa marinha (23% da produção nacional). Dessa produção, a maior parte é desembarcada no parque industrial pesqueiro nos municípios de Itajaí e Navegantes, quarto maior centro de pescado da América Latina, onde se encontram algumas das principais empresas de comércio de pescado do Brasil e do mundo. Boa parte desta produção desembarcada sofre algum tipo de processamento ou beneficiamento, produzindo resíduos de valor relativamente baixo, tais como cabeça, vísceras, nadadeiras, cauda, coluna vertebral, barbatanas, escamas e restos de carne. O volume gerado de resíduos varia conforme as espécies e o tipo de processamento empregado, representando valores superiores a 50% da matéria-prima (NUNES, 2000). Além de sobrecarregar os aterros sanitários, uma parcela significativa dos resíduos e dos efluentes gerados pelas empresas de Itajaí e Navegantes é descartada diretamente no ambiente, sem tratamento prévio (SPILLERE e BEUMORD, 2006), resultando na redução da qualidade da água dos mananciais receptores. A destinação adequada deste resíduo e agregação de valor, tornando-o um subproduto valorizado, é uma grande oportunidade para manter a sustentabilidade ambiental e econômica da cadeia produtiva do pescado e da aquicultura.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo Geral**

Contribuir na pesquisa de ingredientes proteicos alternativos para a fabricação de rações eficientes para a aquicultura.

### **Objetivos Específicos**

- Produzir em escala laboratorial a silagem ácida com resíduos do enlatamento de sardinha;
- avaliar a qualidade e composição nutricional da matéria prima e dos produtos finais;
- comparar a qualidade e composição nutricional das silagens produzidas no verão e inverno;
- comparar a composição nutricional das silagens com farinhas de peixe comerciais.

**PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA SILAGEM ÁCIDA  
ELABORADA EM DUAS CONDIÇÕES TÉRMICAS COM  
RESÍDUOS DO ENLATAMENTO DE SARDINHA**

Silva, Maria Fernanda Oliveira da<sup>a</sup>; Fracalossi, Débora Machado<sup>a</sup>; Enke, Dariane Beatriz Schoffen<sup>b</sup>.

<sup>a</sup> Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

<sup>b</sup> Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" Campus Experimental de Registro, SP, Brasil

\*Autor correspondente: Débora Machado Fracalossi  
Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias,  
Universidade Federal de Santa Catarina, Rodovia Admar Gonzaga,  
1346, Florianópolis, SC 88034-001, Brasil; Telefone: +55 48 33895216;  
Endereço eletrônico: deboraf@cca.ufsc.br

## RESUMO

A silagem de pescado é uma alternativa proteica no fabrico de rações para aquicultura. Entretanto, supõe-se que a composição e qualidade da silagem podem variar dependendo da temperatura prevalente por ocasião da sua preparação. Para testar esta hipótese, comparou-se a composição nutricional da silagem ácida elaborada com resíduos do enlatamento de sardinha produzida no verão, com temperatura média do sistema de  $21,87 \pm 0,99^\circ\text{C}$ , com aquela produzida no inverno, a  $16,93 \pm 0,70^\circ\text{C}$ . Depois de triturada a matéria-prima, foi adicionado ácido acético na proporção de 10% ao resíduo, com posterior homogeneização manual diária e acondicionamento do produto final em recipientes de polietileno fechados com capacidade para 40 L por 30 dias. Ao final do período de ensilado, foram obtidas três diferentes frações: líquida, pastosa e mineral. O conteúdo proteico da matéria-prima coletada no inverno foi significativamente maior, enquanto os teores de gordura e cinzas foram maiores no resíduo coletado no verão. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) nas análises microbiológicas feita nos resíduos e produtos finais da silagem e com relação à análise de aminas biogênicas, todas apresentaram maiores níveis na silagem produzida no verão, exceto a tiramina. As frações líquidas se diferenciaram ( $P < 0,05$ ) quanto aos teores de extrato etéreo (maior no inverno) e cinzas (maior no verão); nas frações minerais, a proteína bruta foi maior no inverno e cinzas maior no verão; nas frações pastosas houve diferença em todos os nutrientes, sendo que o teor proteico foi maior no inverno, enquanto extrato etéreo e cinzas, maiores no verão. Todos os aminoácidos foram encontrados em maior concentração na fração pastosa da silagem produzida no inverno, havendo diferença significativa nos aminoácidos fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, treonina e valina ( $P < 0,05$ ). Na fração mineral, apenas o cálcio apresentou diferença significativa, sendo encontrado em maior quantidade no inverno. Já na fração pastosa, os teores de cálcio, fósforo, cobre, manganês e zinco foram superiores na fração pastosa da silagem produzida no inverno, enquanto o ferro foi superior no verão. A hidrólise proteica do ensilado ocorreu em ambas as estações do ano, contudo foi observada em maior grau no verão ( $P < 0,05$ ). O acréscimo da solubilidade da proteína demonstra a eficácia da silagem ácida no aumento da disponibilidade proteica e seu potencial para uso em rações animais.

Palavras chave: nutrição; pescado; hidrolisado; substituição; subproduto.

## 1. INTRODUÇÃO

A utilização da silagem de pescado como alternativa proteica em rações é uma opção para solucionar os problemas de ordem sanitária e ambiental, causados pela falta de destino adequado de rejeito e resíduo da indústria do pescado (Borghesi et al., 2007; Ferraz de Arruda et al., 2007). O processo de produção de silagem é realizável em pequena escala, com baixo custo, mostrando viabilidade para a utilização em dietas para espécies aquícolas (Kompiang, 1981; Beerli et al., 2004; Oliveira et al., 2006).

A silagem é um produto liquefeito obtido a partir de peixe inteiro, impróprio para consumo humano, ou de resíduos do beneficiamento do pescado. A silagem ácida é obtida da mistura dos resíduos de peixe moído em meio ácido. As enzimas presentes na matéria-prima separam a proteína e a liquefazem, enquanto o ácido previne a ação dos microrganismos (Oetterer, 1994). O produto final é fonte de proteína de alta qualidade e minerais para a alimentação animal.

Segundo dados do último boletim estatístico do MPA (2012), a produção brasileira de pescado proveniente da pesca foi de 1.240.813 t no ano de 2009. Desse total, cerca de 145.000 t corresponde à produção pesqueira de Santa Catarina, sendo que 144.126 t são provenientes de pesca marinha e 700 t de pesca continental. O beneficiamento deste pescado gera, portanto, um grande volume de resíduos na região, com potencial para desenvolvimento de inovações tecnológicas.

A sardinha é um importante recurso pesqueiro nas regiões sudeste e sul do Brasil. Em Santa Catarina, as espécies capturadas são a sardinha verdadeira (*Sardinella brasiliensis*), sardinha-cascuda (*Harengula clupeola*) e sardinha-laje (*Ophistonema oglinum*), sendo que em 2010 a captura destas três espécies no estado totalizou 23 mil toneladas (UNIVALI/CTTMar, 2011). Diversas empresas no Estado trabalham com beneficiamento de sardinha, sendo que o processo anterior ao seu enlatamento consiste na remoção da cabeça e vísceras. Esta remoção pode ser feita manualmente ou automaticamente por meio de sucção.

A qualidade dos ingredientes utilizados nas dietas influencia diretamente na qualidade da água, sendo que altos teores de fósforo na ração podem promover a eutrofização dos viveiros. Por se tratar de uma matéria-prima residual, o teor de cinzas do produto final do processo de silagem pode ser elevado, o que é uma característica indesejável em ingredientes de rações para aquicultura. Portanto, a separação de frações do produto final com o intuito de diminuir a matéria mineral da silagem e melhorar o aproveitamento dos nutrientes disponíveis é uma

alternativa. Entretanto, não há relato na literatura sobre esta possibilidade de fracionamento e sobre qual a composição das diferentes frações. Ainda, outro fator determinante da qualidade de um ensilado é a temperatura em que foi realizado o processo, já que afeta a liquefação dos resíduos (Oetterer, 1994) e as temperaturas prevalentes nas diferentes estações do ano podem também alterar a composição da carne do pescado (Ogawa e Maia, 1999).

Para elucidar alguns aspectos da composição nutricional de silagens de resíduos de pescado, foi delineado um estudo para avaliar a qualidade e composição das diferentes frações (líquida, pastosa e mineral) de silagens ácidas produzidas com resíduos do enlatamento de sardinha no verão e inverno.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

O experimento, feito em duas condições térmicas (verão e inverno), foi realizado no Laboratório de Nutrição de Espécies Aquícolas (LABNUTRI), do Departamento de Aquicultura da Universidade Federal de Santa Catarina. Os resíduos do enlatamento de sardinha (cabeças, vísceras e nadadeiras) foram adquiridos com empresas de processamento de pescado do estado de Santa Catarina. A primeira coleta foi feita em março/2012 e a segunda em agosto/2012.

### **2.1. Produção da silagem**

Foram pesados 30 kg de matéria-prima, a qual foi triturada em moedor elétrico de carne e posteriormente dividida em três lotes de 10 kg, os quais foram alocados em recipientes de polietileno (alta densidade) de 40 L, com tampa. Foram adicionados ácido acético comercial (10% do peso) e antioxidante BHT (2% do peso). A mistura sofreu revolvimento manual, uma vez ao dia durante os primeiros cinco dias, para proporcionar contato uniforme do ácido com a matéria-prima (Seibel e Souza-Soares, 2003). O período de hidrólise foi de 30 dias, em temperatura ambiente. O monitoramento da temperatura e pH da silagem foi realizado com o auxílio de um termômetro de mercúrio e de um potenciômetro, respectivamente. Após o período de ensilado, o produto final foi dividido em três frações: pastosa, mineral e líquida. A fração mineral foi obtida através do processo de prensagem, enquanto as frações pastosa e líquida foram obtidas através de centrifugação do produto final (5000 x g durante 25 min). Foi calculado o rendimento das frações obtidas.

## 2.2. Análises laboratoriais

### 2.2.1. Análises da matéria-prima

As análises de composição centesimal foram realizadas de acordo com metodologia padronizada pela AOAC (1999): proteína bruta (microKjeldhal, com fator de conversão de 6,25; método 945.01), extrato etéreo Soxhlet; método 920.39C), matéria seca (por gravimetria a 105°C; método 950.01), cinzas (incineração em forno mufla; método 942.05).

Além disso, foram feitas análises de qualidade (microbiológicas e aminas biogênicas) no início e final do processo de silagem. As análises microbiológicas realizadas foram: *Staphylococcus* coagulase positiva, coliformes termotolerantes e *Salmonella* spp. As aminas biogênicas foram analisadas após extração com ácido tricloroacético 5% e separação por HPLC, conforme metodologia proposta por Vale e Gloria (1997). Foram determinadas: agmatina (AGM), cadaverina (CAD), espermidina (EPD), espermina (EPM), feniletilamina (FEN), histamina (HIM), putrescina (PUT), tiramina (TIM) e triptamina (TRM).

### 2.2.2. Análises do produto final

Durante o processo de ensilado foi feito o acompanhamento do grau de hidrólise das proteínas, por meio da determinação do nitrogênio solúvel, o qual foi obtido precipitando-se as proteínas de 1 g de amostra com 10 mL de água destilada mais 10 mL ácido tricloroacético 40% (Haard et al., 1985). Após repouso de 30 min, o nitrogênio solúvel foi determinado no filtrado, utilizando-se o método de microKjeldahl (AOAC, 1999). Foram também realizadas, nestas amostras, as análises de qualidade: microbiológicas e aminas biogênicas.

### 2.2.3. Análises das frações

Em todas as frações foram realizadas análises da composição centesimal (matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas) de acordo com a AOAC (1999).

Na fração mineral foi analisado o perfil de minerais, determinado a partir da extração, por calcinação e digestão ácida, do elemento mineral contido na amostra e a determinação da sua concentração por meio da técnica de absorção atômica (ANFAR, 2009).

E na fração pastosa, além do perfil de minerais, foi determinado o perfil de aminoácidos, analisado após a hidrólise das proteínas constituintes das amostras com ácido clorídrico (HCl) 6N, durante 24 horas à 110 °C. Os aminoácidos liberados foram reagidos com

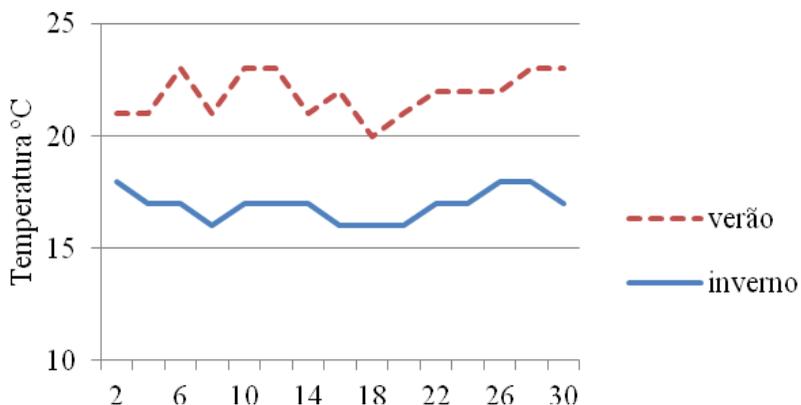
fenilisotilcianato (PITC) e separados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) em fase reversa e detectados em UV a 254 nm. A quantificação foi feita por calibração interna multinível, com auxílio de ácido aminobutírico, como padrão interno (Hagen et al., 1989). O perfil de minerais foi

### 2.3. Análise estatística

Os dados obtidos apresentaram normalidade e homocedasticidade e foram submetidos ao teste *t-student* ( $\alpha=0,05$ ) para determinar as diferenças na composição nutricional entre silagens produzidas no verão e inverno. O programa estatístico utilizado foi o *Statistica*<sup>®</sup>, versão 7.0.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura e pH médios dos sistemas durante o processo de ensilado realizados no verão e inverno estão sumarizados na Figura 1.



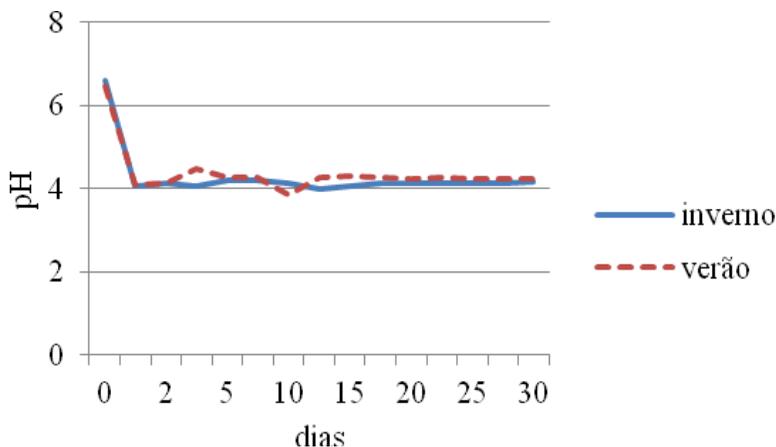


Figura 1 - Variação da temperatura e pH ao longo do período de ensilado.

No verão, a temperatura média do sistema foi  $21,87 \pm 0,99^\circ\text{C}$ , enquanto no inverno, a média registrada foi  $16,93 \pm 0,70^\circ\text{C}$ . Em relação ao pH, o valor inicial do resíduo de sardinha no verão era 6,45 e com a adição de ácido acético, o valor médio do pH baixou para  $4,22 \pm 0,14$ , enquanto que, no inverno, o pH inicial era 6,6 e, após a acidificação,  $4,11 \pm 0,05$ .

Em ambas as estações, a liquefação da matéria-prima iniciou entre o 3º e 4º dia e aumentou gradativamente até o final do período de 30 dias. O produto final apresentou-se líquido-pastoso, decorrência da contínua hidrólise proteica, devido à ação de enzimas proteolíticas presentes no resíduo de sardinha, principalmente nas vísceras.

A composição nutricional dos resíduos de sardinha utilizados como matéria-prima está presente na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição das matérias-primas nas diferentes estações.

Fração/Nutrientes (% na matéria seca)	Verão	Inverno
Matéria seca	$28,28 \pm 0,53^a$	$26,20 \pm 0,97^b$
Proteína bruta	$53,90 \pm 2,06^b$	$58,95 \pm 2,12^a$
Extrato etéreo	$22,41 \pm 0,57^a$	$15,17 \pm 1,97^b$
Cinzas	$22,90 \pm 2,21^a$	$14,94 \pm 1,16^b$

<sup>a,b</sup> Letras diferentes na linha expressam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre estações do ano.

O conteúdo proteico do resíduo coletado no inverno foi significativamente maior, enquanto os teores de gordura, cinzas e matéria seca foram maiores no resíduo do verão.

De acordo com Ogawa e Maia (1999), a composição da carne do pescado varia em função da época do ano, de alterações metabólicas durante o crescimento do animal, bem como de mudança na composição da dieta, maturação sexual, salinidade e temperatura da água. No caso dos resíduos de sardinha, um fator que pode contribuir para a diferença na composição do resíduo é a etapa de processamento. Este resíduo é constituído de cabeça, vísceras e nadadeiras e, durante o processo de remoção destas partes, pode haver variação, caso haja desuniformidade no tamanho dos peixes. Outro fator que pode contribuir na disparidade da composição é a proporção das partes residuais: maior quantidade de cabeças e nadadeiras contribui para o decréscimo no teor proteico e aumento na matéria mineral, enquanto maior quantidade de vísceras tende a aumentar o valor proteico.

As aminas biogênicas ocorrem naturalmente no tecido dos peixes. Em condições normais, o músculo contém altos níveis de espermina e espermidina e baixos níveis de histamina e putrescina (Mietz e Karmas, 1977; Bardocz, 1995; Gloria e Izquierdo-Pulido, 1999). Neste estudo, com a exceção da tiramina no resíduo, todas as aminas biogênicas apresentaram-se em maiores níveis no verão (Tabela 2).

Tabela 2 – Concentração de aminas biogênicas nas matérias-primas e silagens nas diferentes estações.

Aminas (mg/100g)	Matéria-prima		Silagem	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Putrescina	nd	nd	3,96 ± 0,68 <sup>a</sup>	1,00 ± 0,26 <sup>b</sup>
Cadaverina	32,16	13,93	15,74 ± 0,73 <sup>a</sup>	6,13 ± 1,06 <sup>b</sup>
Histamina	18,94	3,13	30,36 ± 4,03 <sup>a</sup>	4,96 ± 0,99 <sup>b</sup>
Tiramina	16,42	19,14	20,64 ± 0,03 <sup>a</sup>	3,10 ± 0,94 <sup>b</sup>
Agmatina	39,69	18,52	15,64 ± 1,16 <sup>a</sup>	5,10 ± 0,18 <sup>b</sup>
Espermidina	0,98	1,22	8,20 ± 2,53 <sup>a</sup>	4,19 ± 0,59 <sup>a</sup>
Feniletilamina	0,28	0,24	2,97 ± 0,66 <sup>a</sup>	0,40 ± 0,10 <sup>b</sup>
Espermina	0,99	nd	0,84 ± 0,08 <sup>a</sup>	nd <sup>b</sup>
Triptamina	nd	nd	4,02 ± 0,71 <sup>a</sup>	1,43 ± 0,27 <sup>b</sup>

nd= não detectado (nd < 0,04 mg/100g).

<sup>a,b</sup> Letras diferentes na linha expressam diferença significativa (P<0,05) entre as silagens nas estações do ano.

Muitos fatores podem afetar os níveis de aminas biogênicas nos peixes, entre eles: genética, ambiente, sexo, estágio fisiológico e amostra de tecido (Ababouch et al., 1991; Dawood et al., 1988; Eerola et al., 1998; Middlebrooks et al., 1988; Veciana-Nogués et al., 1997). O lugar de captura, água, temperatura, manejo pós-captura, sistema de refrigeração e congelamento e armazenamento também podem influenciar nos níveis de aminas biogênicas (Arnold, 1978; FDA, 1996; Gloria e Izquierdo-Pulido, 1999; Price, et al., 1991).

Os níveis de putrescina, histamina, espermidina, triptamina e feniletilamina aumentaram em ambas as estações, enquanto cadaverina, agmatina e espermina diminuíram tanto no verão quanto no inverno. A tiramina aumentou na silagem obtida no verão e diminuiu na de inverno. Estudos indicam o decréscimo dos níveis de espermina e espermidina e o aumento de putrescina e histamina durante a estocagem e deterioração de peixes como sardinha, atum, truta arco-íris, salmão e alguns peixes de água doce (Dawood et al., 1988; Glória e Izquierdo-Pulido, 1999; Mietz e Karmas, 1977). Existe também a formação e acúmulo de cadaverina, tiramina, triptamina e feniletilamina, entretanto essas variações são afetadas pela temperatura, pH, oxigênio, presença de nutrientes e aditivos (Ababouch et al., 1991; Middlebrooks et al., 1988; Rodríguez-Jerez et al., 1994; Veciana-Nogués et al., 1997; Wei et al., 1990).

A importância das aminas biogênicas como indicativo de frescor/deterioração da matéria-prima e critério de qualidade foi reforçada em trabalhos com o salmão do Atlântico, *Salmo salar* (Opstvedt et al., 2000), “blue shrimp”, *Litopenaeus stylirostris* (Tapia-Salazar et al., 2004) e truta arco-íris, *Oncorhynchus mykiss* (Fairgrieve et al., 1994).

Não houve diferença no desempenho entre salmões do Atlântico alimentados com dietas à base de farinha de peixe fresco sem e com suplementação de aminas biogênicas, entretanto os autores concluíram que o impacto negativo causado pela má qualidade da farinha de peixe não é proveniente das aminas biogênicas e sim por outras razões, como a diminuição de atrativos palatáveis ou menor disponibilidade de aminoácidos (Opstvedt et al., 2000). Para o “blue shrimp” os animais alimentados com dieta contendo farinha de peixe deteriorado apresentaram piores índices produtivos, comparados com aqueles alimentados com dietas à base de farinha de peixe fresco, mesmo com a suplementação de aminas biogênicas (Tapia-Salazar et al., 2004). Fairgrieve et al. (1994) também observaram redução no consumo de

alimento e distensão no intestino, em trutas arco-íris alimentadas com dietas suplementadas com histamina (2000 mg/kg).

Não houve diferença nas análises microbiológicas das amostras de matéria-prima dos resíduos coletados no verão e inverno, bem como não houve diferença entre os produtos finais do processo de silagem (Tabela 3). Isto demonstra a qualidade do resíduo coletado, uma vez que todos os índices apresentaram valores iniciais baixos. Além disso, fica evidente a eficácia do agente acidificante (ácido acético) como meio de prevenção da proliferação de microrganismos, uma vez que não há variação nos resultados das análises feitas antes e depois da adição do ácido. Similarmente, não foram observados coliformes termotolerantes em silagem ácida de resíduos de tilápia (3% ácido fórmico), em amostras do 1º, 15º e 30º dia, entretanto, composição microbiológica da matéria-prima anterior à acidificação não foi analisada (Oliveira et al., 2006).

Tabela 3 – Análise microbiológica das matérias-primas e silagens nas diferentes estações.

Análises	Matéria-prima <sup>1</sup>		Silagem <sup>2</sup>	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Coliformes termotolerantes (45°C)	< 1,0 x10 <sup>1</sup> UFC <sup>3</sup> /g	< 1,0 x10 <sup>1</sup> UFC/g	< 1,0 x10 <sup>1</sup> UFC/g	< 1,0 x10 <sup>1</sup> UFC/g
<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva	< 1,0 x10 <sup>2</sup> UFC/g	< 1,0 x10 <sup>2</sup> UFC/g	< 1,0 x10 <sup>2</sup> UFC/g	< 1,0 x10 <sup>2</sup> UFC/g
<i>Salmonella</i> spp	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g	Ausência em 25 g

<sup>1</sup> Análises feitas em duplicata.

<sup>2</sup> Análises feitas em triplicata.

<sup>3</sup> Unidades formadoras de colônias.

O rendimento do processo de silagem em relação às frações obtidas foi calculado como a razão entre a quantidade do produto e a quantidade de matéria-prima utilizada (Tabela 4). A separação do produto final permite o melhor aproveitamento dos nutrientes, cuja proporção varia em cada fração. Apenas a fração líquida apresentou diferença entre as estações do ano, sendo superior no verão.

Tabela 4 – Rendimento das frações obtidas das silagens.

<b>Rendimento (%)</b>	<b>Verão</b>	<b>Inverno</b>
Líquida	11,13 ± 1,28 <sup>a</sup>	5,71 ± 0,87 <sup>b</sup>
Mineral	9,63 ± 0,67 <sup>a</sup>	11,49 ± 4,37 <sup>a</sup>
Pastosa	79,24 ± 1,24 <sup>a</sup>	82,80 ± 3,88 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes na linha expressam diferença significativa (P<0,05) entre estações do ano.

Na fração líquida de ambas as estações, os principais nutrientes encontrados são proteína e extrato etéreo (Tabela 5). No verão, o teor de cinzas foi significativamente maior, enquanto que no inverno o resultado de extrato etéreo foi superior.

Durante a liquefação, a proteína é hidrolisada pelas enzimas a produtos de peso molecular inferior como peptídeos e aminoácidos livres (Hertrampf e Piedad-Pascual, 2000). Consequentemente, a fração solúvel da proteína, isto é, a que não é precipitada pelo ácido tricloroacético, aumenta e a relação entre esse nitrogênio não-proteico e o nitrogênio total serve como um índice do grau de solubilização da silagem (Beraquet e Galacho, 1983). A fração líquida obtida no verão conteve 27,84% de proteína solúvel (o que corresponde a 52,48% do valor total de proteína desta fração), enquanto que no inverno o resultado foi 27,82% de proteína solúvel, correspondendo a 51,30% da proteína total. Ambas as frações líquidas das diferentes estações contém valor proteico considerável, podendo ser incorporadas às frações pastosas ou a utilizadas como aditivo para o aumento da palatabilidade e atratividade das rações.

Tabela 5 – Composição das frações das silagens produzidas no verão e inverno.

Nutrientes (% na matéria seca)	Líquida		Mineral		Pastosa	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Matéria seca	24,80 ± 0,96 <sup>a</sup>	18,61 ± 0,82 <sup>b</sup>	32,34 ± 0,30 <sup>a</sup>	35,59 ± 3,33 <sup>a</sup>	32,35 ± 1,00 <sup>a</sup>	30,53 ± 0,30 <sup>b</sup>
Proteína bruta	53,05 ± 1,21 <sup>a</sup>	54,23 ± 1,73 <sup>a</sup>	35,85 ± 1,72 <sup>b</sup>	45,24 ± 1,38 <sup>a</sup>	55,79 ± 3,11 <sup>b</sup>	63,75 ± 4,78 <sup>a</sup>
Extrato etéreo	23,13 ± 1,67 <sup>b</sup>	39,86 ± 2,18 <sup>a</sup>	13,25 ± 0,47 <sup>a</sup>	9,30 ± 1,70 <sup>a</sup>	23,22 ± 3,9 <sup>a</sup>	14,86 ± 1,97 <sup>b</sup>
Cinzas	15,48 ± 3,34 <sup>a</sup>	5,18 ± 2,72 <sup>b</sup>	49,08 ± 1,13 <sup>a</sup>	43,92 ± 3,76 <sup>b</sup>	17,34 ± 1,10 <sup>a</sup>	11,44 ± 1,16 <sup>b</sup>
Proteína solúvel	27,84 ± 1,43 <sup>a</sup>	27,82 ± 0,31 <sup>a</sup>	-	-	27,64 ± 2,63 <sup>a</sup>	26,76 ± 1,58 <sup>a</sup>

<sup>a,b</sup> Letras diferentes dentro de uma mesma variável expressam diferença significativa ( $P < 0,05$ ) entre estações do ano.

Na composição das frações minerais houve diferença significativa no conteúdo de cinzas, que foi mais elevado no verão, e de proteína, que foi mais elevado no inverno. A separação desta fração das demais teve o intuito de reduzir o teor de cinzas da silagem final, já que este produto gerado pode ser utilizado para outros fins, como fertilizantes (Oetterer, 1994) ou suplemento dietético mineral para aves poedeiras ou ruminantes.

A fração pastosa apresentou diferenças em todos os nutrientes, sendo que a proteína bruta (PB) foi maior no inverno, enquanto cinzas e minerais foram maiores no verão, seguindo a mesma tendência encontrada nas matérias-primas. Os valores de proteína bruta foram superiores ao relatado para a silagem de tilápia, 59,27% PB (Ferraz de Arruda et al., 2006), silagem de zoiúdo (*Geophagus surinamensis*), 33% PB (Abimorad et al., 2009), silagem de rejeitos de pescado de água doce, 44,38% PB (Vidotti et al., 2003) e farinha de silagem de sardinhalaje, 50,57% PB (Boelter et al., 2011); entretanto, foram inferiores aos encontrados na silagem de rejeitos de pescado de água salgada, 69,91% PB (Vidotti et al., 2003). O teor de cinzas das frações pastosas foram inferiores aos relatados por Boelter et al. (2011) e Ferraz de Arruda et al. (2006) (27,20% e 19,23%, respectivamente). No presente estudo, a gordura da matéria-prima não teve uma separação eficiente entre as frações da silagem, provavelmente devido a sua emulsificação, estando presente nas três frações. Boelter et al. (2011) separaram farinha e óleo de silagem de tilápia e obtiveram 7,20% de gordura na farinha. Entretanto, os valores encontrados nas frações pastosas no presente estudo ficaram próximos ao registrado para a silagem de tilápia, 18,40% por Ferraz de Arruda et al. (2006).

Apesar da pequena alteração nutricional da fração pastosa em relação à matéria-prima, foi possível observar graças ao acompanhamento do grau de hidrólise, que a proteína foi tornando-se mais solúvel ao longo do período (Figura 2). O conteúdo inicial de proteína solúvel na matéria-prima era 11,30% (20,96% da PB), enquanto no inverno era 13% (22,05% da PB).

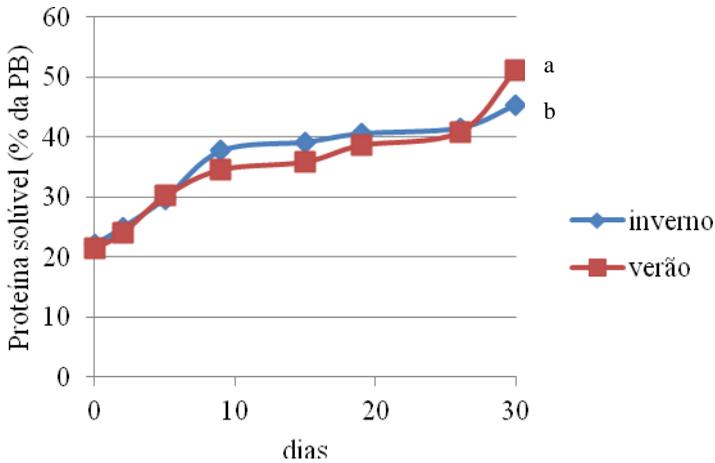


Figura 2 – Curva do valor da proteína solúvel (em relação à proteína bruta) das silagens produzidas no verão e inverno.

Em ambas as estações observou-se um aumento rápido até o décimo dia do processo, seguindo uma variação gradativa até o final do experimento. A diferença fica por conta da silagem preparada no verão, que nos últimos dias teve um acréscimo, devido a uma elevação na temperatura ambiente. A hidrólise proteica aumenta com o tempo de estocagem (Beraquet e Galacho, 1983) e também é favorecida em temperaturas mais altas (Oetterer, 1994), o que pode explicar a fração líquida da silagem obtida no verão ser maior do que a obtida no inverno.

O valor final da proteína solúvel na silagem do verão foi 27,64% (51,28% da PB), significativamente maior do que no inverno, 26,76% (45,39% da PB). A silagem obtida com resíduos genéricos de pescado, à temperatura de 20°C e após 14 dias de processo, apresentou 38% de proteína solúvel em relação à PB total para a pescada e 32% para sardinha (Beraquet e Galacho, 1983). O teor de proteína solúvel obtida no presente estudo foi menor do que o encontrado por Tatterson e Windsor (1974), que utilizaram como matéria prima ‘sprats’ (*Sprattus sprattus*) inteiro e resíduo de bacalhau. Os autores relataram que após 10 dias de estocagem (experimento conduzido à 23°C), a proteína solúvel constituía cerca de 75% da PB total, para ambas as silagens ácidas. Possivelmente esta diferença decorra do fato de que estes autores

trabalharam com pescado inteiro (maior atividade enzimática) e não com resíduos, como foi o caso do presente estudo.

Na Figura 3 encontram-se os gráficos da proporção de massa dos nutrientes presentes nas diferentes frações das silagens produzidas no verão e inverno. Estes balanços indicam quanto de cada nutriente, presente na matéria-prima, foi destinado às diferentes frações do produto final. Não houve diferença significativa entre as frações das silagens produzidas nas duas diferentes estações.

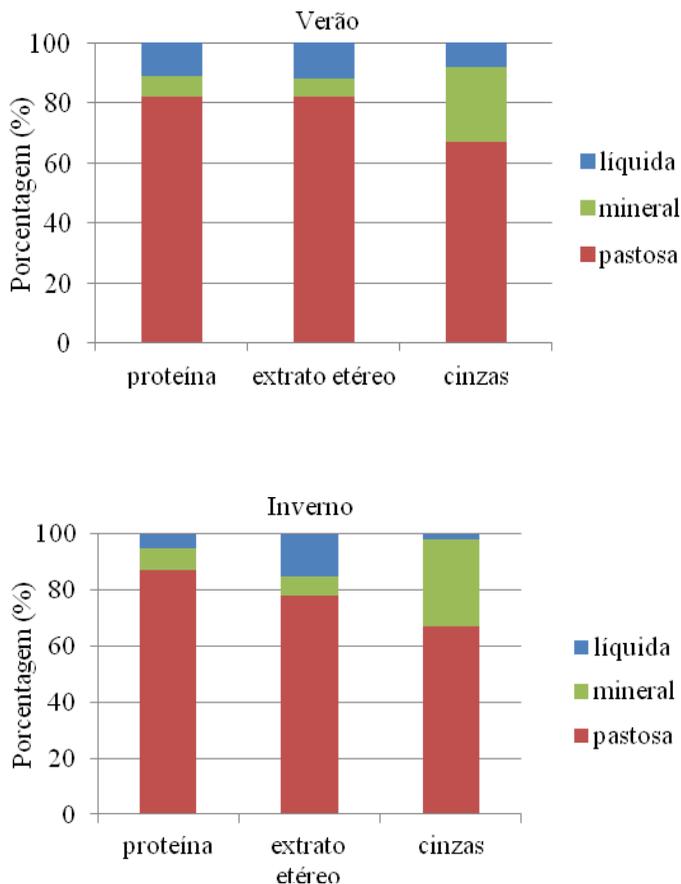


Figura 3 - Distribuição dos nutrientes nas silagens produzidas no verão e inverno.

Todos os aminoácidos foram encontrados em maior concentração na fração pastosa da silagem produzida no inverno, havendo diferença significativa nos aminoácidos fenilalanina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, treonina e valina (Tabela 6). Apesar da diferença estatística, a fração pastosa da silagem produzida no verão apresenta um bom perfil de aminoácidos, mesmo com um teor proteico mais reduzido em relação àquela produzida no inverno. Este fato deve-se ao maior grau de hidrólise proteica durante o período de ensilado no verão, que deu origem a mais aminoácidos disponíveis. Observa-se também que os aminoácidos histidina e metionina apresentaram valores mais elevados nas silagens do que na farinha de peixe inteiro. Com exceção da arginina, os resultados dos demais aminoácidos foram maiores do que os relatados para a farinha de silagem ácida de resíduos de sardinha-laje (*Opistonema oglinum*) (Boelter et al., 2011). Para a silagem ácida de rejeitos de pescado de água salgada (69,91% PB) foram encontrados valores de aminoácidos mais elevados do que os aqui apresentados (com exceção da isoleucina e metionina) (Vidotti et al., 2003). Entretanto, uma alta concentração de fenilalanina+tirosina, leucina e lisina foi perceptível em ambos os estudos.

Tabela 6 – Perfil de aminoácidos essenciais das frações pastosas das silagens produzidas no verão e inverno comparado a farinhas de peixe (resíduo e inteiro) e exigências da truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) e salmão do Pacífico (*Oncorhynchus spp.*)

Aminoácidos (% do ingrediente)	Verão	Inverno	Farinha de peixe (resíduo) <sup>1</sup>	Farinha de peixe inteiro (herring) <sup>2</sup>	Exigências <sup>2</sup> (% da dieta)	
					Truta arco-íris	Salmão do Pacífico
Arginina	2,72 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,74 ± 0,01 <sup>a</sup>	3,38	3,73	1,50	2,20
Fenilalanina	2,19 ± 0,38 <sup>b</sup>	2,41 ± 0,53 <sup>a</sup>	2,24	2,68	0,90	0,90
Fenilalanina + tirosina	3,29 ± 0,35 <sup>a</sup>	3,30 ± 0,24 <sup>a</sup>	3,74	3,73	1,80	1,80
Histidina	1,60 ± 0,46 <sup>b</sup>	1,76 ± 0,08 <sup>a</sup>	1,08	1,53	0,80	0,70
Isoleucina	2,17 ± 0,86 <sup>b</sup>	2,72 ± 0,10 <sup>a</sup>	2,24	3,64	1,10	1,00
Leucina	3,24 ± 0,20 <sup>b</sup>	3,31 ± 0,52 <sup>a</sup>	3,89	4,69	1,50	1,60
Lisina	3,57 ± 0,49 <sup>a</sup>	3,64 ± 0,28 <sup>a</sup>	3,40	7,30	2,40	2,20
Metionina	2,59 ± 0,30 <sup>b</sup>	2,80 ± 0,10 <sup>a</sup>	1,35	2,20	0,70	0,70
Metionina + cistina	2,88 ± 0,25 <sup>b</sup>	3,20 ± 0,61 <sup>a</sup>	2,28	3,00	1,10	1,10
Treonina	1,76 ± 0,14 <sup>b</sup>	2,15 ± 0,44 <sup>a</sup>	2,30	2,49	1,10	1,10
Valina	2,42 ± 0,09 <sup>b</sup>	2,83 ± 0,64 <sup>a</sup>	2,82	3,26	1,20	1,20
<b>Proteína bruta</b>	<b>55,79</b>	<b>63,75</b>	<b>54,58</b>	<b>72,00</b>	<b>38,00*</b>	<b>40,00*</b>

<sup>1</sup> Adaptado de Rostagno et al. (2011).

<sup>2</sup> Adaptado de NRC (2011).

<sup>a,b</sup> Letras diferentes na linha expressam diferença significativa (P<0,05) entre estações do ano.

\* Valores de proteína digestível.

Em relação ao perfil de minerais (Tabela 7), na fração mineral, apenas o cálcio apresentou diferença significativa entre a silagem preparada no verão e inverno. Já na fração pastosa, os teores de cálcio, fósforo, cobre, manganês e zinco foram superiores na fração pastosa da silagem produzida no inverno, enquanto o ferro foi superior no verão. De um modo geral, cálcio, fósforo, manganês, selênio e zinco ficaram mais concentrados na fração mineral em relação as suas concentrações na fração pastosa. Ao comparar o perfil das frações pastosas com a farinha de peixe de resíduos, nota-se que a maioria dos minerais encontra-se em menor concentração. Ressalta-se o fósforo que, apesar de ser um mineral essencial, quando em excesso na dieta pode gerar eutrofização do meio (Weismann et al., 1988).

Tabela 7 – Perfil de minerais das frações pastosa e mineral das silagens de pescado e farinha de peixe no inverno e verão.

Minerais	Mineral		Pastosa		Farinha de peixe (resíduo) <sup>1</sup>	Farinha de peixe inteiro (herring) <sup>2</sup>
	Verão	Inverno	Verão	Inverno		
<i>Macrominerais (%)</i>						
Cálcio	7,83 ± 0,13 <sup>b</sup>	8,95 ± 0,23 <sup>a</sup>	3,21 ± 0,16 <sup>b</sup>	4,80 ± 0,14 <sup>a</sup>	5,88	2,20
Magnésio	0,09 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,10 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,21 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,16 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,16	0,14
Potássio	0,45 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,53 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,60	1,08
Sódio	0,38 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,24 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,32 ± 0,30 <sup>a</sup>	0,43 ± 0,22 <sup>a</sup>	0,68	0,59
Fósforo	5,74 ± 0,24 <sup>a</sup>	6,38 ± 0,52 <sup>a</sup>	2,36 ± 0,03 <sup>b</sup>	2,63 ± 0,09 <sup>a</sup>	3,81	1,67
<i>Microminerais (mg/kg)</i>						
Cobre	1,43 ± 0,62 <sup>a</sup>	3,57 ± 0,44 <sup>a</sup>	3,62 ± 0,02 <sup>b</sup>	4,70 ± 0,21 <sup>a</sup>	12,0	5,60
Ferro	151,55 ± 2,90 <sup>a</sup>	149,45 ± 5,30 <sup>a</sup>	181,6 ± 0,42 <sup>a</sup>	124,3 ± 0,52 <sup>b</sup>	444,1	114,0
Manganês	64,30 ± 2,15 <sup>a</sup>	71,36 ± 12,16 <sup>a</sup>	4,58 ± 0,06 <sup>b</sup>	12,50 ± 0,35 <sup>a</sup>	41,4	4,80
Selênio	36,13 ± 7,35 <sup>a</sup>	27,21 ± 0,30 <sup>a</sup>	14,47 ± 0,37 <sup>a</sup>	14,96 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,79	1,95
Zinco	264,5 ± 19,09 <sup>a</sup>	304,5 ± 50,20 <sup>a</sup>	41,00 ± 0,71 <sup>b</sup>	80,00 ± 0,19 <sup>a</sup>	84,3	125,0
<b>Cinzas (%)</b>	<b>49,08</b>	<b>43,92</b>	<b>17,34</b>	<b>11,44</b>	<b>22,74</b>	<b>10,40</b>

<sup>1</sup> Adaptado de Rostagno et al. (2011).

<sup>2</sup> Adaptado de NRC (2011).

<sup>a,b</sup> Letras diferentes dentro de uma mesma variável expressam diferença significativa (P<0,05) entre estações do ano.

#### 4. CONCLUSÕES

As estações do ano (verão e inverno) não influenciam a qualidade da silagem de resíduo de enlatamento de sardinha, em termos de proliferação de microrganismos indesejáveis. Entretanto, a silagem produzida no verão apresenta maior concentração de amins biogênicas, indicando uma maior deterioração da matéria prima.

As frações pastosas das silagens produzidas tanto no verão como no inverno apresentam composição e valor biológico adequados para a utilização como ingredientes em dietas para a alimentação de espécies aquícolas. Entretanto, a silagem produzida no inverno origina uma fração pastosa com maior teor proteico e de aminoácidos, mas menor gordura e matéria mineral.

A hidrólise proteica do ensilado ocorre em ambas as estações do ano, contudo é observada em maior grau no verão.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ababouch, L. et al. 1991. Quantitative changes in bacteria, amino acids and biogenic amines in sardine (*Sardina pilchardus*) stored at ambient temperature (25–28°C) and in ice. *International Journal of Food Science & Technology* 26, 297–306.
- Abimorad, E.G. et al. 2009. Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nilo. *Pesquisa Agropecuária brasileira* 44(5), 519–525.
- AOAC. Official Methods of Analysis. 1999. Association of Official Analytical Chemists International. 16<sup>o</sup> edição. 5<sup>o</sup> revisão. Washington, DC.
- ANFAR-Associação Nacional dos Fabricantes de Rações. 2009. *Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal - Métodos Analíticos*. São Paulo: Sindirações 141–144.
- Arnold, S. H. e Brown, W. D. 1978. Histamine toxicity from fish products. *Advances in Food Research* 24, 114–154.
- Bardocz, S. 1995. Polyamines in food and their consequences for food quality and human health. *Trends in Food Science & Technology* 6, 341–346.
- Beraquet, N. J. e Galacho, S. A. A. 1983. Composição, estabilidade e alterações na fração proteica e no óleo de ensilado de resíduos de peixe de camarão. *Coleção ITAL* 13, 149–174.

- Beerli, E. L. et al. 2004. Silagem ácida de resíduos de truta (*Oncorhynchus mykiss*) com a utilização de ácido muriático. *Ciência Agrotecnológica* 28, 195–198.
- Boelter, J. F. et al. 2011. Caracterização química e perfil aminoacídico da farinha de silagem de resíduos de sardinha. *Revista de Biologia e Farmácia* 5(1), 86–92.
- Borghesi, R. et al. 2007. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos* 25(2), 329–339.
- Dawood, A.A. et al. 1988. The occurrence of non-volatile amines in chilled-stored rainbow trout (*Salmo irideus*). *Food Chemistry* 27, 33–45.
- Eerola, H.S. et al. 1998. Biogenic amines in Finnish dry sausages. *Journal of Food Safety* 18, 127–138.
- Fairgrieve, W.T., et al. 1994. Gastric abnormalities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed amine supplemented diets or chicken gizzard erosion-positive fish meal. *Aquaculture* 127, 219–232.
- FDA. Fish & Fisheries Products Hazards & Controls Guide. 1996. FDA, Office of Seafood, Washington, DC 244p.
- Ferraz de Arruda, L. et al. 2006. Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 26(4), 749–753.
- Ferraz de arruda, L. et al. 2007. Use of Fish Waste as Silage - A Review. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50(5), 879–886.
- Gloria, M.B.A. e Izquierdo-Pulido, M. 1999. Levels and significance of biogenic amines in Brazilian beers. *Journal of Food Composition and Analysis* 12, 129–136.
- Haard, N.F. et al. 1985. Stabilization of protein and oil in fish silage for use as a ruminant feed supplement. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 36, 229–241.
- Hagen, S. R. et al. 1989. Precolum Phenylisothiocyanate Derivatization and Liquid Chromatography of Aminoacids in Food. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 2(6), 912–916.
- Hertrampf, J.W. e Piedad-Pascual, F. 2000. Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds. Kluwer, Dordrecht, 574p.
- Kompiang, I. P. 1981. Fish silage: its prospect and future in Indonesia. *Indonesia Agricultura Research and Development Journal* 3, 9–12.
- Middlebrooks, B. L. et al. 1988. Effects of storage time and temperature on the microflora and amine development in Spanish mackerel. *Journal of Food Science* 53, 1024–1029.

- Mietz, J. L. e Karmas, E. 1977. Chemical quality index of canned tuna as determined by HPLC. *Journal of Food Science* 42, 155–158.
- MPA. 2012. Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura - Brasil 2010. Ministério da Pesca e Aquicultura, Governo Federal 99p.
- NRC, 2011. National Research Council. Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academy Press, Washington, DC.
- Oetterer, M. 1994. Produção de silagem a partir da biomassa residual de pescado. *Alimentos e Nutrição* 5, 119–134.
- Ogawa, M. e Maia, E. L. 1999. Manual de Pesca. São Paulo: Varela, 332p.
- Oliveira, M.M de et al. 2006. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico - análise bromatológica, físico-química e microbiológica. *Ciência e Agrotecnologia* 30(6), 1218–1223.
- Opstvedt J. et al. 2000. Reduced growth and feed consumption of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) fed fish meal made from tale fish is not due to increased content of biogenic amines. *Aquaculture* 188, 323–337.
- Price, R. J. et al. 1991. Post mortem changes in chilled round, bled, and dressed albacore. *Journal of Food Science* 56, 318–321.
- Rodríguez-Jerez, J. J. et al. 1994. Histamine, putrescine and cadaverine formation in Spanish semipreserved anchovies as affected by time/temperature. *Journal of Food Science* 59(5), 993–997.
- Rostagno H. S. et al. 2011. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais / editor: Horácio Santiago Rostagno. – 3ª edição – Viçosa, MG: UFV, DZO, 252p.
- Seibel, N. F., Souza-Soares, L. A. 2003. Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. *Brazilian Journal of Food Technology* 6(2), 333–337.
- Tapia-Salazar, M. et al. 2004. Effect of fishmeal made from stale versus fresh herring and added crystalline biogenic amines on growth and survival of blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* fed practical diets. *Aquaculture* 242, 437–453.
- Tattersson, I.N.; Windsor, M.L., 1974. Fish Silage. *Journal of Science of Food and Agriculture* 25, 369–379.
- UNIVALI/CTTMar, 2011. Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2010. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, SC. 10(1), 59p.

- Vale, S.R., Glória, M.B.A. 1997. Determination of biogenic amines in cheese. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists*. 80, 1006–1012.
- Veciana-Nogués, M. T. et al. 1997. Biogenic amines as hygienic quality indicators of tuna. Relationships with microbial counts, ATP-related compounds, volatile amines and organoleptic changes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 45, 2036–2041.
- Vidotti, R.M. et al. 2003. Amino acid composition of processed fish silage using different raw material. *Animal Feed Science and Technology* 105, 199–204.
- Weismann, D. et al. 1988. Water pollution with phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture* 69, 263–270.
- Wei, C. I. et al. 1990. Bacterial growth and histamine production on vacuum packaged tuna. *Journal of Food Science* 55(1), 59–63.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo faz parte de uma linha de investigação que tem como finalidade a utilização da silagem de pescado com resíduos gerados do polo industrial da pesca de Santa Catarina como alternativa proteica em dietas para espécies aquícolas.

Após a execução dos experimentos, pode-se afirmar que a produção da silagem ácida de pescado é um processo simples e econômico. Além disso, o aproveitamento destes resíduos e/ou rejeitos da indústria de pescado ajuda prevenir a poluição ambiental causada pela falta de destino adequado e torna-se uma alternativa ecológica e viável.

A constituição do resíduo, no que se refere à proporção de vísceras, cabeça e nadadeiras tem influência na sua composição proximal, bem como na hidrólise proteica que ocorre durante o processo. O grau de hidrólise aumenta com uma maior proporção vísceras no resíduo, devido à sua alta atividade enzimática. Resíduos com proporções altas de cabeça e nadadeiras fornecem silagens com menor teor proteico e mais cinzas.

A utilização do ácido acético como agente acidificante mostrou-se eficiente no processo, uma vez que preveniu a proliferação de microrganismos e manteve o pH inferior a 4,5 nas silagens no período de estocagem de 30 dias.

Foi verificada neste estudo a influência das estações do ano na qualidade e composição nutricional das matérias-primas e silagens. Além da variabilidade na composição inicial dos resíduos e a maior concentração de amins biogênicas no resíduo coletado no verão, a temperatura influenciou na hidrólise proteica, confirmando a ligação entre o processo de liquefação da massa residual e as temperaturas mais elevadas.

A separação do produto final das silagens em frações visou a diminuição da carga mineral e melhor aproveitamento dos nutrientes. As frações líquidas contêm alta concentração proteica e de aminoácidos solúveis e podem ser incorporadas às frações pastosas ou dirigidas para outro fim, como a utilização na forma de aditivo para o aumento da palatabilidade e atratividade das rações. Fica como sugestão para eventuais estudos futuros, a análise do perfil de aminoácidos desta fração, uma vez que com solubilização da proteína, muitos aminoácidos se concentram nesta parte líquida. As frações minerais podem ser utilizadas para outros fins, como fertilizantes ou suplemento dietético

mineral para aves poedeiras ou ruminantes. As frações pastosas das silagens produzidas, por sua vez, apresentaram composição e valor biológico adequados para a utilização como ingredientes em dietas para a alimentação de espécies aquícolas.

Os próximos estudos previstos nesta linha de investigação incluem: 1) a implantação da produção da silagem ácida de pescado *in loco* em fornecedores de resíduos de pescado (plantas processadoras) e 2) teste do uso da silagem produzida como ingrediente proteico alternativo em rações para espécies aquícolas a partir de ensaios de desempenho e digestibilidade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA REVISÃO

ABIMORAD, E.G. et al. Silagem de peixe em ração artesanal para tilápia-do-nylo. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, v. 44, n. 5, p. 519-525, 2009.

ARVANITTOYANNIS, I. S.; KASSAVETI, A. Fish waste management: Treatment methods and potential uses of treated waste. **Waste Management Food Industry**, p. 861-937, 2008.

AQUA – Fiordo austral distribuirá ácido fórmico a centros de cultivo de salmón. **Revista AQUA – Aquicultura e Pesca**, p. 93, agosto 2012.

BERAQUET, N. J.; GALACHO, S. A. A. Composição, estabilidade e alterações na fração protéica e no óleo de ensilado de resíduos de peixe de camarão. **Coleção ITAL**, Campinas v. 13, p. 149-174, 1983.

BOELTER, J. F. et al. Caracterização química e perfil aminoacídico da farinha de silagem de resíduos de sardinha. **Revista de Biologia e Farmácia**, v. 5, n. 1, p. 86-92, 2011.

BORGHESI, R.; FERRAZ de ARRUDA, L. e OETTERER, M. A silagem de pescado na alimentação de organismos aquáticos. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 25, n. 2, p. 329-339, 2007.

CARVALHO, G. G. P. de et al. Silagem de resíduo de peixes em dietas para alevinos de tilápia-do-nylo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 126-130, 2006.

CISSE, A., LUQUET, P., ETCHIAN, A. Use of chemical or biological fish silage as feed for *Chrysichthys nigrodigitatus* (Bagridae). **Aquatic Living Resources**, Montrouge, v. 8, n. 4, p. 373-377, 1995.

DAS, H. K. et al. Effects of formulation and processing variables on dry fish pellets containing fish waste. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 61, p. 181-187, 1993.

ENKE, D. B. S., et al. Utilização de farinha de silagem de pescado em dietas para o jundiá na fase juvenil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 871-877, 2009.

ESPE, M.; RAA, J.; NJAA, L. R. Nutritional value of stored fish silage as a protein source for young rats. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 49, p. 259-270, 1989.

FAGBENRO, O.; JAUNCEY, K.; HAYLOR, G. Nutritive value of diets containing dried lactic acid fermented fish silage and soybean meal for juvenile *Oreochromis niloticus* and *Clarias gariepinus*. **Aquatic Living Resources**, v. 7, p. 79-85, 1994.

FAIRGRIEVE, W.T., MYERS, M.S., HARDY, R.W., DONG, F.M., Gastric abnormalities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed amine supplemented diets or chicken gizzard erosion-positive fish meal. **Aquaculture**, v. 127, p. 219-232. 1994.

FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2012. **Food and Agriculture Organization of United Nations**, Rome, 2012. 209 p.

FERRAZ de ARRUDA, L. et al. Nutritional aspects of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) silage. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 749-753, 2006.

FERRAZ de ARRUDA L.; BORGHESI, R.; OETTERER, M. Use of fish waste as silage – A review. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 50, n. 5, p. 879-886. 2007.

FERRAZ de ARRUDA, L. et al. Fish silage in black bass (*Micropterus salmoides*) feed as an alternative to fish meal. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 52, n. 5, p. 1261-1266, 2009.

FORSTER, I. Use of fisheries coproducts in feeds for aquatic animals. *In*: Lim, C. Webster, C.D.; Lee, C. S. (eds). **Alternative protein sources in aquaculture diets**. Nova York. Editora The Haworth Press. p. 117-132, 2008.

GILDBERG, A.; STENBERG, E. A new process for advanced utilisation of shrimp waste. **Process Biochemistry**, v. 36, p. 809-812, 2001.

GOODARD, J.S.; AL-YAHYAI, D.S.S. Chemical and nutritional characteristics of dried sardine silage. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 10, n. 4, p. 39-50, 2001.

GONÇALVES, J. F. et al. The use of fish silage as an ingredient for eel fingerling nutrition. **Aquaculture**, v. 80, p. 135-146, 1989.

GONZÁLEZ, D. et al. Estudios preliminares en la formulación de dietas para camarón blanco (*Litopenaeus schmitti*) utilizando ensilado de pescado. **Revista Científica**, FCV-LUZ / v. XVII, n. 2, p. 166-172, 2007.

HAARD, N.F., et al. Stabilization of protein and oil in fish silage for use as a ruminant feed supplement. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 36, p. 229-241, 1985.

HAMMOUMI, A; et al. Characterization of fermented fish waste used in feeding trials with broilers. **Process Biochemistry**, v. 33 n. 4, p. 423-427, 1998.

HARDY, R.W. Utilization of plant proteins in fish diets: effects of global demand and supplies of fishmeal. **Aquaculture Research**, v. 41, p. 770-776, 2010.

HERTRAMPE, J.W., PIEDAD-PASCUAL, F. **Handbook on Ingredients for Aquaculture Feeds**. Kluwer, Dordrecht, 2000.

KOMPIANG, I. P. Fish silage: its prospect and future in Indonesia. **Indonesia Agricultura Research and Development Journal**, v. 3, p. 9-12, 1981.

MACHADO, T. M. Silagem Biológica de Pescado. **Panorama da Aquicultura**, p. 30-32, 1998.

MORALES-ULLOA, D. F. e OETTERER, M. Composição em aminoácidos de silagens químicas, biológicas e enzimáticas preparadas com resíduos de sardinha. **Ciência Tecnologia Alimentar**, v. 17, n. 3, p. 252-258, 1997.

MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura - Brasil 2010**. Ministério da Pesca e Aquicultura, Governo Federal, 99 p, 2012.

NAYLOR, R.L.; et al. Effect of aquaculture on world fish supplies. **Nature**, v. 405, p. 1017-1024, 2000.

NRC, National Research Council. **Nutrient Requirements of Fish and Shrimp**. National Academy Press, Washington, DC, 2011.

NUNES, J. A. R. **Estudo Preliminar do Aproveitamento de Resíduos e Descarte da Industrialização de Pescado a Partir de Silagem Ácida**. 2000. 121 p. Dissertação de Mestrado. FURG, Rio Grande, 2000.

OETTERER, M. Produção de silagem a partir da biomassa residual de pescado. **Alimentos e Nutrição**, n. 5, p. 119-134, 1994.

OETTERER, M. **Agroindústrias beneficiadoras de pescado cultivado: unidades modulares e polivalentes para implantação, com enfoque nos pontos críticos higiênicos e nutricionais**. 1999. 196 p. Tese (Livre-Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

OGAWA, M. e MAIA, E. L. **Manual de Pesca**. São Paulo: Varela, 332 p, 1999.

OLIVEIRA, M.M de et al. Silagem de resíduos da filetagem de tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*), com ácido fórmico - análise bromatológica, físico-química e microbiológica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1218-1223, 2006.

OLVERA-NOVOA, M.; OLIVERA-CASTILLO, L.; MARTÍNEZ-PALACIOS, C. A. Sunflower seed meal as protein source in diets for Tilapia rendali (*Boulanger*, 1896) fingerlings. **Aquaculture Research**, v. 33, p. 223-229, 2002.

PIMENTA, M.E. de S.G. et al. Desempenho produtivo e digestibilidade pela tilapia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) alimentada com dietas suplementadas com níveis crescentes de silagem ácida de pescado. **Ciência e agrotecnologia**, v. 32, n. 6, p. 1953-1959, 2008.

RAMOS, O. V.; DORADO, M. DEL P. e CARO, E.O. Ensayo sobre la alimentacion de la cachama negra (*Colossoma macropomum*) con

pescado en acidos organico e inorganico (Fish silage). **Boletim Científico INPA**, [S.l.], v. 2, p. 46–61, 1994.

RUNGRUANGSAK, K. UTNE, F. Effect of different acidified wet feeds on protease activities in the digestive tract and on growth rate of Rainbow trout (*Salmo gairdneri*, Richardson). **Aquaculture**, v. 22, p. 67-79, 1981.

SANTOS e GONÇALVES, A.A. Tecnologias tradicionais *In: Tecnologia do Pescado - Ciência, Tecnologia, Inovação e Legislação*, 608 p, 2011.

SECCO, E.M.; STEFANI, M.V.; VIDOTTI, R.M. Substituição da farinha de peixe pela silagem de peixe na alimentação de girinos de rã-touro (*Rana catesbeiana*). **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 32, n. 3, p. 505-509, 2002.

SPILLERE, L.C.; BEAUMORD, A.C. Formulação de uma hipótese global de situação de impacto para o parque industrial pesqueiro instalado em Itajaí Navegantes - SC. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 380-381, 2006.

STONE, F.E.; et al. Utilization of fish silage by Rainbow Trout (*Salmo gairdneri*). **Aquaculture**, v. 76, p. 109-118, 1989.

TACON, A.G.J.; METIAN, M. Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. **Aquaculture**, v. 285, p. 146-158, 2008.

TATTERSON, I. N. e WINDSOR, M. L. Fish Silage. **Journal of Science of Food and Agriculture** v. 25, p. 369-379, 1974.

TEJADA, M. Tratamiento de residuos sólidos de la industria transformadora del pescado, aprovechamiento y obtención de subproductos. **Alimentación equipos y tecnología**, p. 123-129, 1992.

UNIVALI/CTTMar, **Boletim estatístico da pesca industrial de Santa Catarina – Ano 2010**. Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, Itajaí, SC. v. 10, n. 1, p. 59, 2011.

VALÉRIO, C. R. **Elaboração de silagem enzimática de pescado como alternativa ao processo tradicional.** 1994. 102 p. Dissertação de Mestrado, ESALQ-USP, Piracicaba, 1994.

VIANA, M.T.; GUZMAN, J.M.; ESCOBAR, R. Effect of headted and unheadted fish silage as a protein source in diets for abalone *Haliotis fulgens*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 30, n. 4, p. 481-489, 1999.

VIDOTTI, R.M; VIEGAS, E.M.M.; CARNEIRO, D.J. Amino acid composition of processed fish silage using different raw material. **Animal Feed Science and Technology**, v. 105, p. 199-204, 2003.

VIDOTTI, R. M. e GONÇALVES, G. S. PRODUÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE SILAGEM, FARINHA E ÓLEO DE TILÁPIA E SUA UTILIZAÇÃO NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. 2006. Artigo disponibilizado pelo Instituto de Pesca. Disponível em: <[ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao\\_caracterizacao.pdf](ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/producao_caracterizacao.pdf)> acesso em setembro de 2013.

**ANEXOS**



Figura 1 – Resíduo de sardinha coletado no verão.



Figura 2 – Resíduo de sardinha coletado no inverno.



Figura 3 – Armazenamento das silagens em recipientes fechados (capacidade para 40 L).



Figura 4 – Aspecto inicial da silagem (1º dia).



Figura 5 – Aspecto final da silagem (30º dia).