

ESTUDO DA SECAGEM DE SILAGEM DE PESCADO EM SECADOR DE BANDEJA E LIOFILIZADOR

V. A. PEREIRA JUNIOR¹, P. N. CRUZ¹ e G. A. S. GOULART²

¹ Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos

² Universidade Federal de Mato Grosso, Departamento de Engenharia de Alimentos
E-mail para contato: engenheiro.jr321@gmail.com

RESUMO – Inicialmente foi produzida silagem de resíduos de pescados, em seguida promoveu-se a secagem do ensilado em secador de bandeja em diferentes temperaturas (50°C e 60°C) e cargas de silagem (~48,8g e ~97,5g) aplicando planejamento experimental. Avaliou-se a composição centesimal antes e após a secagem. A composição centesimal da silagem *in natura* não apresentou discrepância quando comparada à literatura. O pH final da silagem de pescado ficou próximo ao descrito pela literatura (4,44±0,09), com acidez titulável de 10,95±0,87. Os resultados estatísticos da composição centesimal da silagem seca em bandejas foram divergentes em relação à linearidade para a obtenção da variável resposta. O processo de liofilização apresentou-se como a melhor opção para minimizar as perdas de nutrientes. As curvas experimentais da secagem em bandeja apresentaram dois períodos distintos, sendo observado que a secagem ocorreu principalmente na primeira fase do período de taxa decrescente.

1. INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações da indústria alimentícia, no cenário atual, encontra-se nos mecanismos de conservação dos alimentos. Com o objetivo de aumentar a vida útil dos produtos, e minimizar as alterações das características organolépticas e nutritivas, a indústria desenvolve novas técnicas para a conservação de alimentos e aprimoram-se as existentes. Essas técnicas asseguram o atendimento ao mercado consumidor durante todo o ano. Nesse contexto, avaliando a indústria pesqueira no Brasil, pouco se tem feito para aproveitar de forma sustentável a produção pesqueira capturada, tanto no segmento direcionado para exportação como no que se desenvolve no mercado interno. Esses resíduos provindos da piscicultura (cabeça, pele, espinhas e vísceras), podem chegar a 70% do peso inicial desses peixes, e são considerados matéria-prima de baixa qualidade, que na maioria dos casos, não são utilizados durante o processamento (Moraes & Martins, 1981) e quando usados adequadamente, podem constituir um aporte de alto valor biológico na nutrição animal e incentivo econômico para as indústrias que os produzem. Uma alternativa promissora é a recuperação das proteínas dos subprodutos de pescado. A viabilidade do reaproveitamento desse tipo de material no preparo de diversos produtos alimentícios, como o surimi, shumai, fishburger, salsichas e patês são apresentados por Venugopal & Shahidi, (1995). Outra possibilidade para o uso desses subprodutos é a elaboração de produtos alimentícios desidratados da suspensão ou pasta de pescado. O método da

desidratação de produtos biológicos, como os de pescado e seus derivados, é demasiadamente usado na conservação considerando sua relação na melhoria da qualidade do produto e por minimizar seu potencial deteriorativo durante a armazenagem pois reduz a atividade de água, e consequentemente a ação microbiana e de reações enzimáticas no produto (Carvajal, 1998).

Dentre os métodos de secagem, existe a liofilização que é baseada na diminuição do teor de umidade em alimentos, a partir do congelamento e subsequente sublimação da água, sendo mais eficiente se comparado aos outros meios de desidratação. Desta forma, a relevância deste estudo se estabelece no processo de produção e obtenção do produto seco de silagem de pescado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Preparo da Suspensão

Utilizou-se como matéria prima, o resíduo de pescado (cabeça e rabo de peixe bico-de-pato, *Sorubim lima*) coletado nos criatórios de peixes da cidade de Barra do Garças, sendo este pescado proveniente do vale do Araguaia, região compreendida entre os Estados de Goiás e de Mato Grosso, no Centro-Oeste do Brasil e cortada pelo Rio Araguaia. Em relação ao preparo da solução extratora, foi usado sais de fosfato monobásico (Na_2HPO_4), fosfato dibásico (NaH_2PO_4) e cloreto de sódio (NaCl). O processo de produção da silagem de pescado ocorreu conforme a Figura 1.



Figura 1 – Fluxograma do processo de produção da silagem de pescado.

2.2. Unidades de Secagem (Secador de Bandeja e Liofilizador)

A estufa de secagem utilizada para a secagem em bandeja foi da marca Nova Ética®, série 400. A secagem da silagem de pescado, ocorreu em duas diferentes temperaturas 50 e 60°C, utilizando três bandejas de aço inox, com dimensões de 10 x 10 x 1 cm (largura, comprimento e altura, respectivamente) a partir da aplicação de um planejamento experimental fatorial do tipo 2². Para os ensaios de secagem, inicialmente foram pesadas e taradas as bandejas, juntamente com as folhas de alumínio (usadas para revestir a parte interna das bandejas), em seguida foi adicionada a silagem em

cada bandeja, que depois foram colocadas ao mesmo tempo na estufa de secagem, considerando a temperatura e carga de silagem. As bandejas foram retiradas sistematicamente para pesagem, durante toda a secagem, com intervalos de tempo de 20 minutos. O liofilizador utilizado para a secagem da silagem de pescado foi o da marca Liotop® modelo L202.

2.3. Caracterização físico-química e nutricional da silagem de pescado

Foram realizadas análises de caracterização na silagem de pescado *in natura* antes e após a secagem, compreendendo a determinação de proteína, lipídios, umidade, cinzas, fibras e açúcares totais. O teor de proteínas foi determinado a partir do método de Biureto, pela comparação com albumina bovina (padrão de proteína) proposto por Reigler (1914). Na determinação de fibra da silagem de pescado *in natura* utilizou-se o método da AOAC (2000). A determinação de lipídeos (utilizando Soxhlet), o teor de umidade inicial da silagem de pescado, teor de cinzas, bem como a determinação de pH e acidez titulável, foram estabelecidos de acordo com os métodos de análise do Instituto Adolfo Lutz (1985). O teor de açúcares totais foi determinado pelo método Somogy-Nelson.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Caracterização da Matéria-prima

Composição centesimal: A composição centesimal da silagem de pescado antes e após o processo de secagem foi determinada, no laboratório de Análises de Alimentos do Instituto de Ciências Exatas e da Terra, da Universidade Federal de Mato Grosso. Na Tabela 1 se encontram os valores obtidos na composição centesimal da silagem de pescado *in natura*, onde os resultados das análises foram expressos através da média da triplicata e desvio padrão.

Tabela 1 – Composição centesimal da silagem de pescado *in natura*

Componentes	Matéria Úmida (g/100g)
Umidade	76,65±0,03
Proteína	18,13±0,64
Lipídeos	1,22±0,10
Cinzas	1,12±0,01
Fibra bruta	2,18±0,08
Açúcares totais	0,10±0,01

Considerando que a composição, o valor nutritivo e o rendimento final da silagem dependem principalmente do tipo de resíduo utilizado para sua fabricação, bem como o tipo de substrato e as características do inoculo bacteriano (Giulietti, 1995), tem-se que a composição centesimal da silagem de pescado em relação a outros autores, que trabalharam com silagem de tilápia, não foram discrepantes para umidade, proteína bruta, gordura e cinzas, sendo respectivamente: 77,0, 19,0, 2,0 e 1,90 (Akande, 1989) e 77,5-79,0; 19,2 - 18,40, 2,2 - 1,90 - 1,11 a 1,08 (Marchi, 1997). Para umidade e proteína, o valores encontrados foram próximos da faixa de umidade (70 a 74 g/100g, 16 a 19

g/100g, umidade e proteína, respectivamente) descrita por Carvajal (1998). A quantidade de lipídeos na silagem de pescado apresentou-se pouco menor do que o teor de lipídeos encontrado por Deamici & Oliveira (2011), cerca de $1,43 \pm 0,02$. O teor de fibras encontrado pode ser atribuído ao malte triturado remanescente, utilizado como substrato para fermentação microbológica. O teor de cinzas obtido apresentou-se semelhante a média ($1,17 \pm 0,23$) encontrada por Arruda *et al.*, (2009).

Determinações físico-químicas: o tempo de fermentação da silagem compreendeu 25 dias, apresentando variações de pH para esse período. A Tabela 2 apresenta os parâmetros físico-químicos das amostras de silagem de pescado. O pH final da silagem de pescado ($4,44 \pm 0,09$), se apresentou próximo ao pH descrito como estável para silagens de pescado, que deve ser inferior a 4,5 (Bello, 2004).

Tabela 2 – Parâmetros físico-químicos das amostras de silagem de pescado

Parâmetros	Amostras							
	Seca 50°C		Seca 60°C		Liofilizada		<i>in natura</i>	
		*CV(%)		*CV(%)		*CV(%)		*CV(%)
pH	$4,53 \pm 0,09$	2,14	$4,58 \pm 0,16$	3,60	$4,52 \pm 0,09$	2,01	----	----
Acid. Titulável	$6,90 \pm 0,12$	1,72	$8,01 \pm 0,21$	2,64	$10,62 \pm 0,52$	4,80	$10,95 \pm 0,87$	7,95

*Coeficiente de Variação

O pH obtido para a silagem seca em bandejas a 50°C, se estabeleceu em média $4,53 \pm 0,097$, sendo levemente acima da média encontrada para a silagem *in natura* no último dia de fermentação ($4,44 \pm 0,09$), já a acidez titulável ($6,90 \pm 0,12$) se estabeleceu acima do encontrado por Vidotti & Gonçalves (2011), $1,47 \pm 0,17$, onde desenvolveram farinha a partir da silagem de resíduos de tilápia. Essa discrepância, pode ser atribuída à fermentação ácida utilizada na obtenção da silagem, diferentemente da fermentação por ação microbiana empregada no presente trabalho.

Análise Estatística: A tabela 3 apresenta as respostas encontradas para os teores de proteínas, lipídeos, resíduo mineral fixo (cinzas) e açúcares totais após os processos de secagem em bandeja, da silagem de resíduos de pescado, em diferentes temperaturas e cargas de silagem.

Tabela 3 – Dados de proteínas, lipídeos, cinzas e açúcares totais, a partir do planejamento experimental do tipo 2²

Temperatura (°C)	Carga de Silagem (g)	Resposta			
		Proteína*	Lipídeos*	Cinzas*	Açúcares Totais*
-1	-1	75,76	6,07	6,07	0,47
+1	-1	69,63	5,96	5,96	0,53
-1	+1	75,17	6,11	6,11	0,50
+1	+1	67,59	5,90	5,50	0,41
-1	-1	75,85	6,04	6,14	0,49
+1	-1	71,24	5,97	5,57	0,54
-1	+1	76,68	6,20	6,20	0,49
+1	+1	70,79	5,89	5,79	0,43
-1	-1	76,17	6,03	6,03	0,48

+1	-1	69,79	6,00	6,00	0,53
-1	+1	76,31	6,12	6,12	0,51
+1	+1	71,51	5,94	5,94	0,41

*g/100g de amostra seca

Analisando a Figura 2-a para proteína, percebe-se que o melhor parâmetro de operação independentemente da carga de silagem, é quando se utiliza o ponto mínimo de temperatura, (-1) ou 50°C, sendo essa temperatura a de maior significância no processo, nas diferentes cargas de silagem (~48,8g a ~97,5g). Avaliando a Figura 2-b percebe-se que a melhor faixa de operação para lipídeos é quando se utiliza o ponto mínimo de temperatura e o ponto máximo da carga de silagem (50°C (-1) e ~97,5g (+1)). Considerando a Figura 2-c percebe-se que o melhor modelo, de primeira ordem, relacionado à condição experimental para cinzas é com a temperatura de 60°C (+1) junto ao ponto máximo de carga de silagem de pescado, ~97,5g (+1), ou seja, para a secagem a temperatura de 60°C foi o fator de maior significância. Analisando as curvas de contorno da Figura 2-d, percebe-se que o melhor modelo é quando se utiliza a temperatura de ~54°C (-0,2) junto ao uma carga de silagem de ~60g (-0,6), ou seja, a interação entre temperatura e carga de silagem foi o fator de maior significância na obtenção da variável resposta. Entretanto ambos os fatores isolados, foram relevantes para o teor de açúcares totais.

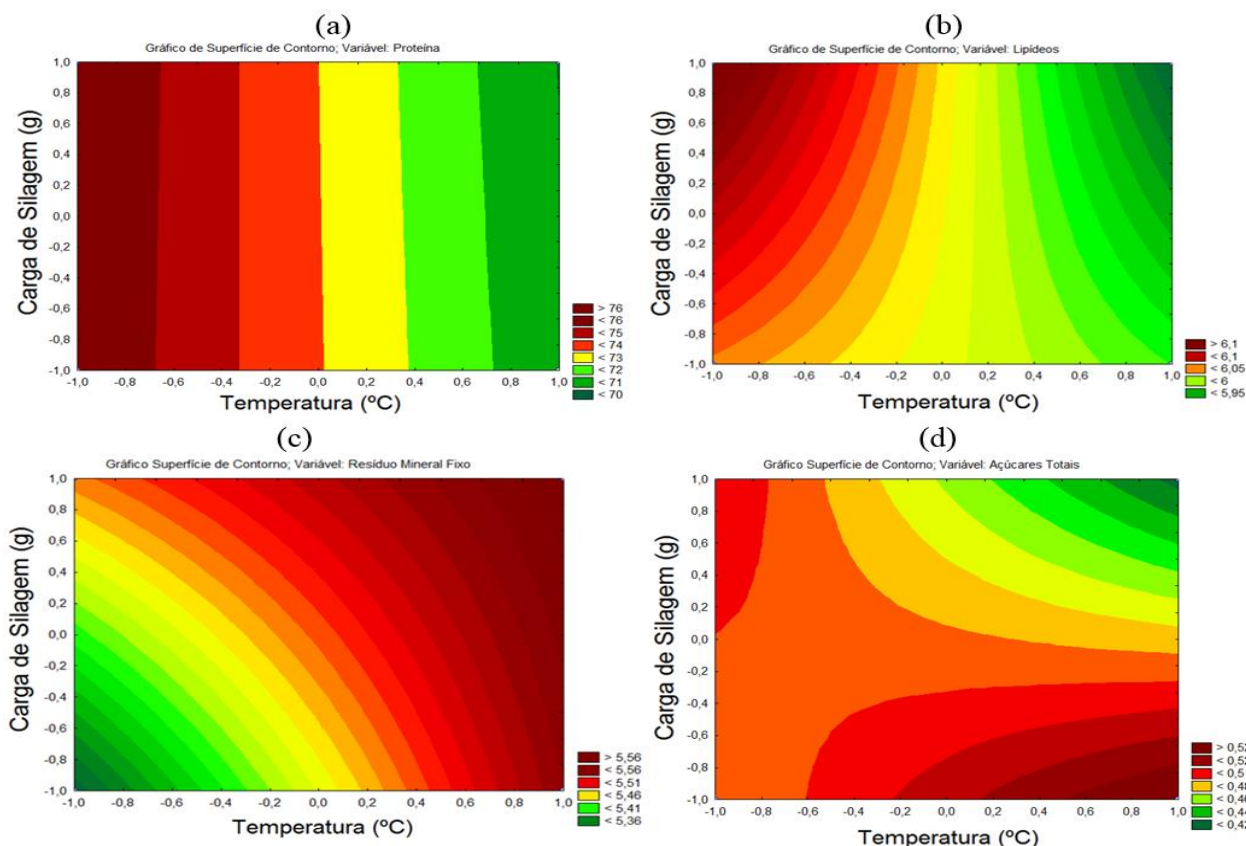


Figura 2 – Curvas de Contorno correspondente à superfície de resposta de proteínas (a), lipídeos (b), cinzas (c) e açúcares totais (d) de silagem de pescado após o processo de secagem em bandejas.

Estudo das Características da Silagem de Pescado Liofilizada: o teor de proteínas da silagem liofilizada ($72,81 \pm 0,64$) foi maior em comparação as amostras secas em bandejas em 50 e 60°C ($71,35 \pm 0,74$ e $68,34 \pm 0,20$, respectivamente), e não se apresentou muito diferente do teor proteico da silagem *in natura*, isso se deve ao fato de que no processo de liofilização resulta na formação de misturas eutéticas (temperatura de fusão dos componentes da mistura se torna a mesma), promovendo mínimas modificações na composição do teor proteico (Baruffaldi & Oliveira, 1998). Para lipídeos, $5,37 \pm 0,18$ g/100g, houve uma concentração de sua quantidade, devido à remoção de umidade, porém esse teor foi menor do que a secagem em bandeja (50°C e 60°C), essa diminuição foi devido à conservação da textura da silagem liofilizada, com pouco encolhimento e nenhuma formação de crosta na superfície, formando uma estrutura porosa que promoveu a deterioração oxidativa de parte desses lipídeos (Fellows, 2006). O teor de cinzas resultante do processo de liofilização ($4,89 \pm 0,40$ g/100g) foi menor do que a secagem em bandeja, indicando que a liofilização promoveu uma menor liberação de minerais na matriz orgânica. O teor de açúcares totais presente nas amostras liofilizadas ($0,12 \pm 0,01$ g/100g) foi maior que o presente nas amostras secas em bandejas, indicando que o processo não permitiu perdas e nem reações de escurecimento não enzimático (Reação de Maillard).

3.2. Cinética de Secagem da Silagem de Pescado

Caracterização da Secagem: as Figuras 3-a, 3-b, 3-c e 3-d apresentam o adimensional de umidade (X/X_0) em função do tempo (min), no intuito de estabelecer os períodos de taxa constante e decrescente durante a secagem da silagem de pescado.

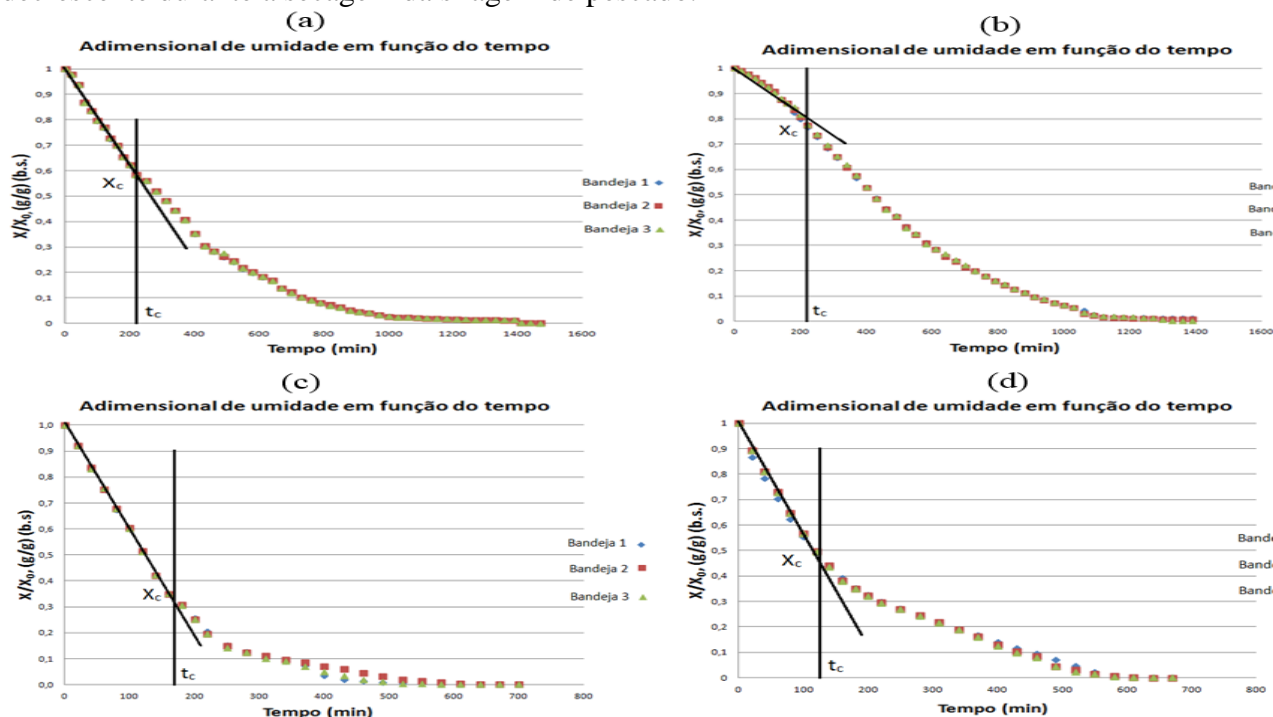


Figura 3 – Curva do adimensional de umidade em função do tempo: (a) silagem com carga de ~97,5g seca em 50°C, (b) silagem com carga de ~97,5g seca em 60°C, (c) silagem com carga de ~48,8g seca em 50°C e (d) silagem com carga de ~48,8g seca em 60°C.

Pode-se observar, em todos os gráficos da Figuras 3, a existência de dois períodos distintos durante a secagem: o período de taxa constante, antes do ponto de tempo crítico (t_c) e o período de taxa decrescente, após o t_c (início da inflexão da curva de secagem). A partir da relação entre o adimensional de umidade e tempo (t) e o período de taxa decrescente (primeira fase e segunda fase) pôde-se estabelecer os valores médios da umidade crítica (X_C), da taxa constante de umidade (N_C), tempo da taxa constante (t_c) e a umidade de equilíbrio (X_E) para cada triplicata de experimento, conforme a Tabela 4.

Tabela 4 – Caracterização da secagem da silagem de pescado

Secagem Silagem de Pescado	X_C (g/g)	N_C (g/g*min)	t_c (min)	X_E (kg/kg)	1ª Fase		2ª Fase	
					K $10^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$	R^2 %	K $10^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$	R^2 %
~97,5g à 50°C	2,04±0,03	0,002±1,42	200	0,010	2,72±0,01	98,20	4,92±0,01	84,75
~97,5g à 60°C	2,54±0,02	0,002±0,97	220	0,010	4,34±0,01	98,21	3,35±0,02	88,26
~48,8g à 50°C	1,00±0,01	0,006±1,03	180	0,011	1,95±1,89	81,62	1,91±0,02	76,88
~48,8g à 60°C	1,62±0,02	0,008±0,04	120	0,011	3,83±0,05	94,60	2,62±0,02	91,10

Observa-se a partir da Tabela 4, que na 1ª fase do período da taxa decrescente, tanto para a secagem de silagem em 60°C com carga de ~48,8g como a de ~97,5g, a constante de secagem (K) se estabeleceu maior do que comparada ao K da secagem em temperatura de 50°C nas diferentes cargas, demonstrando, deste modo, a enorme influência que a temperatura exerce durante a secagem. Na 2ª fase, os valores de K foram bastante divergentes considerando as mesmas temperaturas, o que pode ser atribuído a algum desvio experimental, como a na remoção das bandejas para pesagem, durante o procedimento de secagem.

4. CONCLUSÕES

O desenvolvimento da silagem de pescado se estabelece como uma alternativa para a indústria pesqueira, pois dá um destino aos resíduos gerados por ela, constituindo uma opção de matéria-prima de qualidade para o desenvolvimento de produtos com alto teor agregado de nutrientes. Os resultados estatísticos para a composição centesimal da silagem, seca em 50 e 60°C com cargas de ~48,8 e ~97,5g apresentaram respostas distintas em relação a linearidade no processo de obtenção da variável resposta. A liofilização apresentou-se como melhor opção para minimizar as perdas nutricionais durante a secagem, corroborado pela manutenção do teor médio de proteínas e açúcares totais quando comparadas às amostras *in natura* e as secas em bandejas. A caracterização da cinética de secagem demonstrou o comportamento do material durante a secagem, sendo que o ensaio com carga de ~48,8g e temperatura de 60°C ocorreu em um menor tempo e o parâmetro temperatura foi o que mais se destacou para obtenção da variável resposta. As curvas experimentais de secagem apresentaram os períodos de taxa constante e taxa decrescente, sendo que a secagem ocorreu em sua maior parte na região da 1ª fase da taxa decrescente. Assim, a elaboração da silagem de pescado juntamente com sua secagem para o desenvolvimento de produtos, se estabelece como um processo simples e prático que traz ganhos econômicos para indústria de processamento de pescado.

5. REFERÊNCIAS

- AKANDE, G. R. Technical note: Improved utilisation of stunted tilapia sp. *J. of Food Sci and Tec.* v. 24, p. 20-26, 1989.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis. 15.ed. Virginia, Washington: Arlington, 1995.
- BARUFFALDI, R. & OLIVEIRA, M. N. Fundamentos de tecnologia de alimentos. São Paulo: Atheneu, 1998. 317p.
- BELLO, R. A. Experiências com ensilado de pescado em Venezuela. Instituto de Ciências y Tecnología de Alimentos. Caracas: Universidad Central de Venezuela, 2004. Disponível em: <<http://www.fao.org/livestock/aphp134/cap1.htm>>. Acesso em: 20 set. 2013.
- CARVAJAL, G. Fundamentos de la tecnología de ensilados. In Procesamiento de Ensilado de Pescado. *ITP/JICA, XIV Curso Internacional Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros*. Callao - Perú. p. 1-15. 1998.
- DEAMICI, K. M. & OLIVEIRA, E. G. Obtenção de silagem ácida de pescado: avaliação da etapa de secagem. Digital Repository. UFRGS, 2011.
- FELLOWS, P. J. *Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática*. Vol 1. 2ª Ed. Porto Alegre: Editora Artmed, Cap 15. 602p. 2006.
- GIULIETTI, N. & ASSUMPÇÃO R. Indústria pesqueira no Brasil. *Revista Agricultura em São Paulo*. v.2, n.42, p.95-127, 1995.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. Coordenadores Odair Zenebon, Neus Sadocco Pascuet e Paulo Tiglea - São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 117p. 1985.
- MARCHI, J. F. Desenvolvimento e avaliação de produtos à base de surimi produzidos a partir de tilápia nilótica, *Oreochromis niloticus* L. (Dissertação). Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- MORAIS, C. & MARTINS, J. Considerações sobre o aproveitamento de sobras da industrialização de pescado na elaboração de produtos alimentícios. *Bol. ITAL*, v.18, p. 253-81, 198.
- REIGLER, E. Eine Kolorimetrische Bestimmungs methods des Eiweisses. *Z Anal Chem*; 53:242-5, 1914.
- VENUGOPAL, V. & SHAHIDI, F. Value-added products from underutilized fish species. *Crit. Rev. in Food Sci. and Nut.*, v.35, n.5, p.431- 453, 1995.
- VIDOTTI R.M. & GONÇALVES, G. S. Produção e Caracterização de Silagem, Farinha e Óleo de Tilápia e sua Utilização na Alimentação Animal. 2011. Disponibilizado em: <www.pesca.sp.gov.br>. Acesso em 03 out. de 2013.