

<http://dx.doi.org/10.21707/gaia.v10.n04a27>

PRESENÇA DE METAIS E DE ÁCIDOS GRAXOS EM CAMARÕES CULTIVADOS NO AGRESTE E NO CARIRI DO ESTADO DA PARAÍBA

THIAGO BRANDÃO CAVALHEIRO¹; MARTA MARIA DA CONCEIÇÃO¹ & THAIS TERESA BRANDÃO CAVALHEIRO RIBEIRO¹

¹ Universidade Federal da Paraíba / UFPB- Campus I-s/n – Cidade Universitária- 58051-110, João Pessoa- PB-Brasil. E-mail: thiagobcar@hotmail.com. Autor para correspondência.

Recebido em 12 de outubro de 2016. Aceito em 29 de novembro de 2016. Publicado em 19 de dezembro de 2016.

RESUMO – A técnica de criação de camarão em viveiros tem sido uma alternativa compatível com a crescente demanda de alimentos, gerando emprego e renda para uma população de uma região. Com a introdução da espécie *Litopenaeus vannamei*, a carcinicultura vem se desenvolvendo substancialmente no Brasil, especialmente na região Nordeste e em particular na Paraíba. O semiárido nordestino possui grande quantidade de poços salinizados que podem fornecer água e tornar a região uma nova área para esta atividade. O estudo consiste na comparação do camarão produzido submetido a cultivos utilizando efluente da dessalinização de poços artesianos (Cariri) e de água do Rio Paraíba (Agreste). Foram realizadas análises de metais (Co, Ni, Pb, Mn e Cd) presentes no cefalotórax dos camarões e dos ácidos graxos nos dois ambientes de cultivo. Foram detectadas as presenças de Mn, Ni, Pb, Cd e Co no cefalotórax dos camarões nas duas regiões, com uma leve superioridade de teores nos camarões do agreste. As análises de ácidos graxos evidenciaram a presença de AGPI no agreste enquanto os AGMI na região do cariri.

PALAVRAS CHAVE: CARCINICULTURA, METAIS, ÁCIDOS GRAXOS

PRESENCE OF METALS AND FATTY ACIDS IN SHRIMPS GROWN IN AGRESTE AND CARIRI OF STATE PARAÍBA

ABSTRACT – The technique of shrimp farming in ponds has been an alternative compatible with the growing demand for food, generating employment and income for a population of a region. With the introduction of the species *Litopenaeus vannamei*, shrimp farming has been developing substantially in Brazil, especially in the Northeast region and in particular in Paraíba. The semi-arid Northeast has a large number of salinized wells that can provide water and make the region a new area for this activity. The study consists on the comparison of shrimp produced under cultivation using desalination effluent from artesian wells (Cariri) and water from the Paraíba River (Agreste). Analysis of metals (Co, Ni, Pb, Mn and Cd) present in the cephalothorax of the shrimp and the fatty acids were performed in the two growing environments. The presence of Mn, Ni, Pb, Cd and Co were detected in the cephalothorax of the Two regions, with a slight superiority of contents in the prawns of the agreste. Fatty acid analyzes evidenced the presence of PUFAs in the agreste while MUFAs in the cariri region.

KEY WORDS: SHRIMP FARM, METALS, FATTY ACIDS.

LA PRESENCIA DE METALES Y ÁCIDOS GRASOS EN CAMARÓN DE CULTIVO EN EL AGRESTE Y CARIRI DE PARAÍBA

RESUMEN – La técnica de cultivo de camarones en viveros ha sido una alternativa compatible con la creciente demanda de alimentos, la generación de empleo e ingresos para una población de una región. Con la introducción del cultivo del camarón *Litopenaeus vannamei* especie ha desarrollado considerablemente en Brasil, especialmente en el noreste y en particular en Paraíba. El noreste semiárido tiene gran cantidad de pozos salinizados puede proporcionar agua y hacer de la región un área nueva para esta actividad. El estudio consiste en comparar los camarones producidos sometidas a cultivos utilizando efluente de pozos de desalinización (Cariri) y agua del Río Paraíba (Agreste). El análisis de metales (Co, Ni, Pb, Mn y Cd) presente en el caparazón de los camarones y los ácidos grasos en ambos ambientes de cultivo, se detectaron la presencia de Mn, Ni, Pb, Cd y Co en el caparazón de los camarones en dos regiones, con una ligera superioridad en los niveles del agreste. El análisis de ácidos grasos mostró la presencia de PUFA en Agreste, mientras que la MUFA en la región de Cariri.

PALABRAS CLAVE: CAMARÓN, METALES, ÁCIDOS GRASOS.

INTRODUÇÃO

A carcinicultura é definida como a criação de camarão em cativeiro, sendo uma atividade econômica que tem apresentado grande crescimento a nível mundial nos últimos anos. Atualmente difundida em mais de 50 países, é responsável pela produção de 25% de todo camarão consumido

no mundo, com volume médio de 1.000.000 ton/ano. Apesar de ser uma atividade relativamente recente no Brasil, a carcinicultura se encontra em franco crescimento (ATLANTIS, 2014).

A produção mundial de camarões cultivados e capturados, em 2014, foi da ordem de 5,328 milhões de toneladas, das quais 33,87% vieram dos cultivos (FAO, 2014). Entre os fatores que contribuíram para esta elevada produção, destacam-se as pesquisas na área tecnológica, a elevada demanda do mercado mundial do setor e a redução na produção de camarão oriundo da pesca extrativa (RODRIGUES, 2005).

O semiárido nordestino possui nas águas subterrâneas uma importante fonte para as atividades agropecuárias e o consumo humano. Em geral a água destes poços possui elevados níveis de sais dissolvidos, fato que inviabiliza seu uso. A dessalinização é um processo que torna esta água viável para consumo humano e animal. Porém o subproduto da dessalinização é a água hipersalina, que se descartada sem nenhum tratamento, causará impactos ambientais ao solo da região.

A carcinicultura surge como uma oportunidade para o aproveitamento deste rejeito, que pode ser utilizado para gerar renda para as famílias da região. O trabalho visa à contribuição ao desenvolvimento científico e tecnológico, visto a carência de estudos abordando um tema de grande impacto econômico principalmente para a região Nordeste, que é grande produtora de camarão.

O CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o art. 70, inciso IX, do decreto 88.351, de 10 de junho de 1983, e o que estabelece a Resolução/Conama/nº 003, de 05 de junho de 1984, estabeleceu a classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional, de acordo com a Resolução n 20, de 18 de junho de 1986 (Diário Oficial, seção 1, 30/07/1986, p. 11356 – 11360). A água do Rio Paraíba utilizada no Agreste Paraibano (Granja Cavalheiro) e a do efluente da dessalinização de Poço pertencente Fazenda Agreste no Cariri (Serra Branca - PB) para a carcinicultura são pertencentes à Classe 07 (Salobra, águas com salinidade igual ou inferior a 0,5% e 30%) – águas destinadas:

à recreação de contato primário;

à proteção das comunidades aquáticas;

à criação natural ou/e intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana.

Para as águas de Classe 07 (salobras), são estabelecidos os limites ou condições seguintes:

a) Oxigênio dissolvido: não inferior a 5 mg/l O₂, em qualquer amostra;

b) pH: 6,5 a 8,5

c) Cádmio: 0,005 mg/l Cd

d) Cobalto: 0,2 mg/l Co

e) Níquel: 0,1 mg/l Ni

f) Coliformes: para o uso de recreação de contato primário deverá ser obedecido o Atr. 26 desta Resolução. Para o uso de criação natural e/ ou intensiva de espécies destinadas à alimentação humana e que serão ingeridas cruas, não deverá ser excedido uma concentração média de 14 coliformes fecais por 100 mililitros com não mais de 10% das amostras excedendo 43 coliformes fecais por 100 mililitros. Para os demais usos não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes fecais por 100 mililitro em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais colhidas em qualquer mês, no caso de não haver na região, meios disponíveis os coliformes fecais, o índice

limite será de até 5.000 coliformes totais por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 5 amostras mensais, colhidas em qualquer mês.

Efluentes de indústrias e urbanos ocasionalmente são descartados sem nenhum tratamento em rios, estuários e oceanos levando a poluição destes corpos aquáticos e dos organismos existentes.

Um dos grandes problemas da poluição de ambientes aquáticos é a bioacumulação nos organismos existentes e na cadeia alimentar, fato que aumenta à medida que se eleva os níveis tróficos da cadeia, principalmente ocasionada por metais pesados (MARKERT, 1998). Elementos como o Al, Ar, Ba, Be, Cd, Pb, Hg e Ni alteram as estruturas celulares e substituem metais cofatores de atividades enzimáticas (MINDELL; MUNDIS, 1996).

Em mar aberto, pouco afetado pela poluição, os crustáceos contém apenas a concentração de metais normal presente, porém quando submetidos a criação em cativeiro (cultivados) o camarão está sujeito a poluentes dos ambientes aquáticos e os níveis de metais podem ser encontrados em teores superiores ao normal (GONÇALVES, 2011).

O excesso do teor de metais na água do cultivo do camarão pode levar a absorção e posterior bioacumulação do metal na carcaça e tecidos do animal, que em teores elevados pode causar riscos a saúde humana (FERNANDEZ et al., 2008).

Sousa (2009) indica que os metais traço são continuamente lançados no ambiente aquático por via natural ou antropogênica. Cd e Pb, ainda que em baixas concentrações, podem causar sérios efeitos tóxicos aos organismos, visto que os organismos aquáticos tendem a acumular metais traço em seus tecidos, mesmo quando a água possui níveis desses compostos abaixo da concentração máxima tolerada pela legislação, há grandes riscos de contaminação dentro da cadeia trófica.

A alimentação do camarão cultivado é composta essencialmente pela ração, esta que sofre alterações de ingredientes devido a demanda e custos, os principais são proteínas de origem animal (peixes, vísceras, etc) e vegetais (farelos de soja, milho). Estes ingredientes se não avaliados quanto a presença de metais podem acumular no tecido do camarão e causar sérios riscos a saúde humana.

Kubitza e Ono (2005) afirmam que apenas os produtores mais esclarecidos e interessados em aprimorar seu trabalho se preocupam com o risco de contaminação por microrganismos, por resíduos de produtos químicos, de antibióticos e de metais pesados nos pescados.

Wu e Yang (2011) em estudo realizado na China com camarões selvagens e cultivados observou que todos os níveis de metais foram menores nos camarões cultivados, encontrando Cromo, zinco e ferro acumulados no tecido do camarão cultivado *Litopenaeus vannamei*.

Santos (2011) observou em pesquisa na Bahia que tanto o camarão (*Penaeus brasiliensis*) quanto o sururu (*Mytella guyanensis*) apresentaram maior tendência à acumulação de cádmio e de chumbo com teores acima do limite previsto pela legislação.

A legislação brasileira possui o Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965 que regulamenta os aditivos contidos nos alimentos, atualmente também é utilizado como parâmetro que estabelece os limites máximos de tolerância para os contaminantes inorgânicos em alimentos a Portaria nº 685, de 27/08/98 (D.O.U. de 24/09/98) da SVS/MS. O limite considerado tolerável para cádmio é de 1 µg g⁻¹ e para chumbo 2 µg g⁻¹ em peixes e produtos de pesca (BRASIL, 1998), enquanto o níquel é de 5 µg g⁻¹ (BRASIL, 1965). Entretanto, os níveis de cobalto e manganês não estão especificados nas resoluções.

Os ácidos graxos são encontrados em gorduras, possuem longa cadeia carbônica com número par de átomos de carbono podendo ser saturados e insaturados. (MONTGOMERY, 1994). Os ácidos graxos podem ser saturados, possuem apenas ligações simples entre carbonos e baixa reatividade química, e os insaturados são divididos em: Monoinsaturados (uma ligação) e polinsaturados (duplas ligações), estes possuem maior reatividade química.

Franco (2001) observa que o estado de saturação ou insaturação constitui uma importante característica química, assim como nutricional, face ao papel exercido por certos ácidos graxos nos processos metabólicos e imunitários.

Na nutrição humana existem dois ácidos essenciais: o ácido alfa-linolênico 18:3 -3 que forma parte das famílias dos ácidos graxos ômega-3 e o ácido linoléico 18 -6 que forma parte das famílias dos ácidos graxos ômega-6. Eles não podem ser sintetizados pelo organismo humano, sendo necessários na dieta (SIRIWARDHANA et al., 2004).

O camarão marinho possui elevado teor de ácidos graxos insaturados, fato que está relacionado ao seu hábito alimentar, composto de zooplânctons que se alimentam de algas marinhas produtoras de ácidos graxos, onde destaca-se um maior teor de ácidos graxos em animais marinhos que em animais de água doce (MARTINO; TAKAHASHI, 2001). Ogawa e Maia (1999) corroboram com essa associação quando observaram que o conteúdo de lipídeos e a composição dos ácidos graxos de organismos cultivados estão relacionados diretamente com as dietas utilizadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

Estudo comparativo na criação do camarão *Litopenaeus vannamei* foi realizado em duas regiões do Estado da Paraíba, identificadas como região do Cariri, no Município de Serra Branca (Fazenda Agreste) e na região do Agreste, no Município de São Miguel de Taipú (Granja Cavalheiro).

Análise de metais

Preparação de amostras

Amostras do cefalotórax dos camarões obtidos dos diferentes ambientes de criação (Agreste e Cariri) ao final do cultivo foram trituradas em processador de alimentos. Em seguida foi utilizado 500 mg da amostra dos cefalotórax dos camarões triturados para o vaso de digestão, onde foram adicionados 8,0 ml de HNO₃ e 2,0 mL de H₂O₂. Agitando a mistura cuidadosamente. Aguardar 10 minutos para colocar o vaso no micro-ondas BERGHOF com a seguinte programação de temperatura (Tabela 01).

Tabela 01 - Programa de temperatura para digestão de pescado em micro-ondas BERGHOF.

Step	T [°C]	P [bar]	Ta [min]	Time [min]	Power [%]
1	200	35	15	10	90
2	50	25	1	10	0
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-

As amostras após a digestão foram filtradas e colocadas em recipientes, identificadas e refrigeradas para posterior análise em ICP-OES.

Determinação da concentração de metais nas amostras

Os metais pesquisados foram: Chumbo (Pb), Cádmiu (Cd), Cobalto (Co), Manganês (Mn) e Níquel (Ni). A Espectrometria de Emissão Atômica por Plasma Indutivamente Acoplado (ICP-OES) é atualmente utilizada em análises de elementos traço. O ICP possui a vantagem de realizar análises de vários elementos em um curto período de tempo e em concentrações extremamente baixas.

A análise dos metais foi realizada no Laboratório de Análise de Combustíveis (LACOM) da Universidade Federal da Paraíba. As leituras foram feitas em triplicata em modo axial no equipamento Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma Acoplado ICP-OES ICAP 6000 Series ThermoScientific.

Análise de ácidos graxos

Para a obtenção dos ésteres metílicos, utilizou-se aproximadamente 15 mL do extrato lipídico, proveniente de cada amostra contendo camarões inteiros das diferentes regiões (Agreste e Cariri), obtido por metodologia de Folch, Less e Stanley (1957), os quais foram transferidos para balões de fundo chato, seguido de evaporação do clorofórmio em estufa à 105°C. Os extratos lipídicos obtidos das amostras foram transmetilados segundo o método de Hartman e Lago (1973) que consiste numa saponificação e conversão dos ácidos graxos em ésteres metílicos.

A saponificação foi realizada no material graxo pela adição de uma solução metanólica de hidróxido de potássio 0,5 N mantida sob refluxo por quatro minutos. A esterificação foi realizada adicionando-se ao extrato lipídico 7,5 mL do reagente de esterificação (metanol + cloreto de amônia + ácido sulfúrico por três minutos sob refluxo), após isso o material foi lavado com 12,5 mL de éter etílico e 25 mL de água destilada, repetindo a lavagem com 12,5 mL de água por duas vezes e filtrado com hexano em papel de filtro contendo sulfato de sódio anidro. Os ésteres transmetilados foram acondicionados em frascos de vidro (7 mL), lacrados e armazenados em freezer (-18°C) para posterior análise em Cromatógrafo a Gás (CG) acoplado a Espectrômetro de massas: modelo GCMS-QP2010 Ultra Shimadzu e realizados no Instituto de Pesquisa em Fármacos e Medicamentos da Universidade Federal da Paraíba.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise de metais em camarões

A presença dos metais manganês, níquel, chumbo, cádmio e cobalto foram detectadas por ICP-OES na parte denominada cefalotórax dos crustáceos que compreende quase totalidade do sistema digestório dos camarões e que corresponde a 42% a 45% do peso total do animal (OGAWA, MAIA, 1990). O cefalotórax compreende ainda a fração com maior bioacumulação de metais conforme estudos de Silva et al (2012) onde as maiores bioconcentrações de metais foram encontradas nas vísceras.

Podemos observar na Tabela 02 que os valores médios encontrados não violam a portaria 685 da ANVISA/ANS referente aos metais Chumbo e Cádmio, logo o seu consumo não estará comprometido, embora estes valores sejam significativos e seu efeito a longo prazo podem gerar futuros problemas de saúde. Diferentemente, o trabalho de Santos (2011) o qual avaliando a detecção de chumbo em camarões nativos (*Penaeus brasiliensis*) onde identificou limites superiores aos estabelecidos pela legislação nas amostras (0,19 a 3,4 ppm). Quanto a presença de cádmio no camarão neste mesmo estudo estavam abaixo dos limites permitidos (0,073 a 0,081 ppm), entretanto acima dos encontrados na região agreste e cariri.

Quanto ao cobalto e manganês os valores encontrados neste trabalho foram menores que os encontrados por Wu e Yang (2011) que identificou 0,02 ppm Co no fígado do camarão, as concentrações de Mn foram de 2,5 ppm onde observou que há maior susceptibilidade de absorção no exoesqueleto do camarão do que no músculo.

As concentrações de metais do agreste e cariri no cefalotórax do camarão foram semelhantes, exceto os teores de níquel no agreste (0,0209 ppm) e cariri (0,0035 ppm). Entretanto, nos estudos de Sousa (2009), a presença de metais em peixes não encontrou presença de Ni.

Tabela 02 - Níveis de metais detectados no cefalotórax dos camarões da região (Agreste e cariri)

	Agreste	Cariri	Portaria ANVISA 685/98
Mn	0,0356 ppm	0,0273 ppm	-
Ni	0,0209 ppm	0,0035 ppm	-
Pb	0,364 ppm	0,367 ppm	2,0 ppm
Cd	0,0009 ppm	0,0010 ppm	1,0 ppm
Co	0,0030 ppm	0,0019 ppm	-

Massa das amostras Cariri (0,5144g) e Agreste (0,5034g).

Ácidos graxos

O teor de ácidos graxos (% da área total dos ácidos graxos de acordo aos respectivos picos do cromatograma) identificados no cultivo do camarão nos dois ambientes (Agreste e Cariri Paraibano) está exposto na Tabela 03 de acordo com o estado de saturação das cadeias carbônicas. Identificamos

dez ácidos graxos no extrato lipídico do músculo, entre os quais: quatro ácidos graxos saturados (AGS): C15:0, C18:0, C19:0, C20:0; Três ácidos graxos monoinsaturados (AGMI): C17:1, C19:1, C21:1 e três ácidos graxos polinsaturados (AGPI): C19:3, C21:4 e C23:6.

Tabela 03 - Composição de ácidos graxos dos camarões nos diferentes cultivos.

Camarão	Ácidos graxos										Totais (%)
	Saturado				Monoinsaturados			Polinsaturados			
	C15	C18	C19	C20	C17:1	C19:1	C21:1	C19:3	C21:4	C23:6	
Agreste	-	2,30	19,3	1,57	4,03	24,9	-	-	32,1	15,7	100
Cariri	2,93	5,73	24,2	0,59	6,31	28,32	0,93	0,51	20,78	9,67	100

O camarão cultivado no cariri apresentou maior quantidade de ácidos graxos que o cultivado no agreste, com a presença do saturado C15; do monoinsaturados C21:1 e do polinsaturados C19:3. Podemos observar ainda que no Agreste houve uma maior presença de polinsaturados (47,8%), enquanto no agreste de monoinsaturados (35,56%).

Almeida, Narain e Bora (2001) encontraram em uma espécie nativa da costa brasileira, o camarão rosa *Penaeus brasiliensis*, 51,5% de ácidos graxos saturados (AGS); 18,8% de ácidos graxos monoinsaturados (AGMI) e 29% de ácidos graxos polinsaturados (AGPI).

Enquanto Bragagnolo e Rodriguez-Amaya (1997) observaram no camarão rosa o total de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e polinsaturados: 30,2 ; 22,6 e 45,0%, respectivamente.

Moreira et al (2001) observou em estudos realizados no Brasil que peixes oriundos da piscicultura possui quantidades menores de ômega-3 (AGPI) em relação aos peixes da indústria extrativa.

Neste estudo observamos que no Agreste o nível de AGPI foi mais alto que em camarões nativos oriundos da pesca extrativa, um diferencial que pode gerar valor agregado a este produto desta região.

Os ácidos graxos são importantes na alimentação humana, principalmente os polinsaturados que diminuem os níveis de colesterol e reduzem os riscos de doenças cardíacas. Em seu estudo com o camarão de água doce *Macrobrachium rosenbergii*, Murthy (2003) afirma que os ácidos graxos polinsaturados são importantes para o crescimento, sobrevivência e resistência a doenças em camarões cultivados.

A composição de ácidos graxos dos camarões é influenciada por sua alimentação, na alimentação introduzida no cultivo de camarão as rações são oriundas de diferentes produtores que utilizam na sua formulação diferentes espécies de peixes e oleaginosas, o que de fato vai produzir rações diferentes a cada lote influenciando os níveis de ácidos graxos no camarão.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho nas regiões do Agreste e Cariri paraibano nos permitem afirmar:

- ▶ No que se refere à presença de ácidos graxos prevaleceu o AGPI na região do agreste e AGMI na região do cariri.
- ▶ As concentrações de metais encontradas no cefalotórax do camarão do agreste e cariri estão abaixo dos limites máximos de tolerância da Portaria 685/98 da ANVISA/ANS.
- ▶ Entre os metais investigados o Pb é o que expressa maior preocupação devido a ocorrência em valores significativos que se consumidos em longo prazo podem levar a problemas de saúde.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J. N.; NARAIN, N.; BORA, P. S. Ácidos graxos do óleo do camarão-rosa (*Penaeus brasiliensis*). In: IV SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS. Campinas. **Livro de Resumos**. R Vieira Gráfica e Editora Ltda., 2001.
- ATLANTIS. **A carcinicultura**. Disponível em: <<http://www.atlantis.com.br>>.
- BARAJAS, F. J. M.; VILLEGAS, R. S.; CLARK, G. P.; MORENO, B. L. *Litopenaeus vannamei* (Boone) post-larval survival related to age, temperature, pH and ammonium concentration. **Aquaculture Research**, v. 37, p.492-499, 2006.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUEZ-AMAYA, D. Otimização da determinação de colesterol POR CLAE e teores de colesterol, lipídios e Ácidos graxos Totais em camarão rosa (*Penaeus brasiliensis*). **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 17, n. 3, p.275-280, 1997.
- BRASIL. **Leis, Decretos, etc. Decreto nº 55871, de 26 de março de 1965 da Presidência da República**. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 09 de abril de 1965.
- BRASIL. **Leis, Decretos, etc. Portaria nº 685, de 27 de agosto de 1998, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde. Princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de contaminantes químicos em alimentos**. Diário Oficial, Brasília, DF, de 24 de setembro de 1998.
- FAO. **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Database on Introductions of Aquatic species. 2014.
- FERNANDEZ, D; ZANUY, S.; BEBIANO, M. J.; PORTE, C. Chemical and biochemical tools to assess pollution exposure in cultured fish. **Environmental Pollution**, p. 138-46, 2008.
- FOLCH, J., LEES, M.; STANLEY, G.H.S. A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues. **J. Biol. Chem.** 226, 497-509. 1957.
- FRANCO, G. **Tabela de composição química dos alimentos**. 9. ed. 307 p. São Paulo: Atheneu, 2001.
- GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado: Ciência, tecnologia, inovação e legislação**. Rio de Janeiro. Editora Atheneu. 2011.
- HARTMAN, L.; LAGO, R. C. A. Rapid preparation of fatty acid methyl from lipids. **Laboratory Practice**, London, v. 22, n. 3, p. 475-473, 1973.

- KUBITZA, F.; ONO, E. Percepções sobre a qualidade do pescado. **Panorama da Aqüicultura** 15(87):17-22. 2005.
- MARKERT, B. Distribution and Biogeochemistry of Inorganic Chemicals in the Environment. In: SCHÜÜRMAN, G. and MARKERT, B. (eds.). **Ecotoxicology**. Heidelberg, Germany: John Wiley and Sons. Inc and Spektrum Akademischer Verlag, 1998. Part 2, p. 165-199.
- MARTINO, R.; TAKAHASHI, N.S. A importância da adição de lipídios em rações para a aqüicultura. **Óleos e Grãos**, n.58, p.32-37, 2001.
- MINDELL, E.; MUNDIS, H. **Vitaminas: guia prático das propriedades e aplicações**. Trad. R. J. Schneider. São Paulo: Melhoramentos. Viver com saúde. 1996.
- MONTGOMERY, R. et al. **Bioquímica**. 5. ed. São Paulo: Artes Médicas. 1994.
- MOREIRA, A. B.; VISENTAINER, J.V.; SOUZA, N.E.; MATSUSHITA, M. Fatty acids profile and cholesterol contents of three Brazilian Brycon freshwater fishes. **Journal of Food Composition and Analysis**, Roma, 14: 565-574, 2001.
- MURTHY, H. S. Effect of dietary supplementation of sardine oil as source of HUFAs on growth and disease resistance in freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. In: World Aquaculture, **Anais**. Salvador, 2003.
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de Pesca**. São Paulo: Varela. v. 1. 430p. 1999.
- RODRIGUES, J. Carcinicultura marinha desempenho em 2004. **Revista da associação brasileira de criadores de camarão - ABCC**, n. 7(2), p.38-44, 2005.
- SANTOS, L. F. P. Avaliação dos teores de cádmio e chumbo em pescado proveniente de São Francisco do Conde, Bahia. **Dissertação**. Universidade Federal da Bahia. Escola de Nutrição. 75 p. 2011.
- SILVA, E. ; VIANA, Z. C.V.; SANTOS, L. C. S.; KORN, M. G.; SANTOS, E. C. Avaliação da Influência de Fatores Biométricos na Bioacumulação de Elementos Químicos Essenciais (Zn, Cu, Fe, Mn) em Tecidos de *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). **Resumo expandido**. 52º Congresso Brasileiro de Química. Recife, 2012.
- SOUSA, J. K. C. Avaliação de impactos ambientais causados por metais traço em água, sedimento e material biológico na Baía de São Marcos, São Luís – Maranhão. 90 p. **Tese** (Doutorado) – UFPA/CCEN - João Pessoa, 2009.
- SIRIWARDHANA, N.; LEE, K.W.; KIM, S.H.; HA, J. H.; PARK, G. T.; JEON, Y. J. Lipid peroxidation inhibitory effects of *Hizikia fusiformis* methanolic extract on fish oil and linoleic acid. **Food Science and Technology International**, v. 10, n. 2, p.65-72. 2004.
- WU, X. Y.; YANG, Y. F. Heavy metal (Pb, Co, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn and Zn) concentrations in harvest-size white shrimp *Litopenaeus vannamei* tissues from aquaculture and wild source. **Journal of Food Composition and Analysis**. n.24 p. 62–65, 2011.