



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PRO-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA

HELIENE LEITE RIBEIRO PORTO

BIOPROSPECÇÃO E ANÁLISE NUTRICIONAL DE ESPÉCIES DE ICTIOFAUNA
ENCONTRADAS EM REGIÕES DO RIO ITAPECURU ROSÁRIO – MARANHÃO -
BRASIL

FORTALEZA

2016

HELIENE LEITE RIBEIRO PORTO

BIOPROSPECÇÃO E ANÁLISE NUTRICIONAL DE ESPÉCIES DE ICTIOFAUNA
ENCONTRADAS EM REGIÕES DO RIO ITAPECURU ROSÁRIO – MARANHÃO -
BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Biotecnologia. Área de concentração: Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Gandhi Rádís Baptista

FORTALEZA

2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P881b Porto, Helene Leite Ribeiro.
Bioprospecção e análise nutricional de espécies de ictiofauna encontradas em regiões do Rio Itapecuru
Rosário – Maranhão - Brasil / Helene Leite Ribeiro Porto. – 2019.
139 f : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação,
Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia (Rede Nordeste de Biotecnologia), Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Dr. Gandhi Rádis Baptista.

1. Peixes. 2. Nutrição. 3. Qualidade da água. 4. Rio Itapecuru. 5. Brasil. I. Título.

CDD 660.6

HELIENE LEITE RIBEIRO PORTO

BIOPROSPECÇÃO E ANÁLISE NUTRICIONAL DE ESPÉCIES DE ICTIOFAUNA
ENCONTRADAS EM REGIÕES DO RIO ITAPECURU ROSÁRIO – MARANHÃO -
BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia da Universidade Federal do Ceará, como parte dos requisitos para obtenção do título de doutor em Biotecnologia. Área de concentração: Recursos Naturais.

Aprovada em: 19/07/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Gandhi Rádis Baptista (Orientador)
Universidade Estadual do Ceará (UFC)

Prof^a. Dr^a. Selene Maia de Moraes
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof^a. Dr^a. Vânia Marilande Ceccatto
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof^a. Dr^a. Luciana de Magalhães Melo
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Claudio Borges Falcão
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Dárcio Ítalo Alves Teixeira
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof. Dr. Ranilson De Souza Bezerra
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Dedico esse estudo aos meus pais Expedito Leite de Sousa (*in memoriam*) e Helisete Lima Leite que foram instrumentos de Deus em minha vida. Dele herdei a determinação, persistência, altivez e disciplina. Dela a garra, fortaleza e humor. E ambos me proporcionaram algo mais importante: o **exemplo de vida!**

Dedico-o também aos homens da minha vida: Celio, Lucas, Mateus e Gabriel, por compreenderem minha ausência. E as minhas amadas netas, Ana Clara, Sofia e Julie, que embora não tenham noção do que isso significa para mim, ouviram algumas vezes: “a vó não pode ir porque precisa estudar”. **Amo todos vocês!**

AGRADECIMENTOS

Agradeço especialmente ao Prof. Dr. Gandhi Rádis-Baptista pela orientação e apoio durante toda essa trajetória e de forma especial pelo carinho e dedicação ao final me incentivando e não me deixando fraquejar, muitíssimo obrigado!

Agradeço aos docentes Dra. Selene Maia de Moraes, Dra. Luciana de Magalhães Melo, Dr. Dárcio Ítalo Alves Teixeira e Dr. Claudio Borges Falcão, que participaram do Exame Geral de Qualificação e muito contribuíram para a melhoria final deste trabalho, e por, novamente, se disporem, juntamente com a também docente Dra. Vânia Marilande Ceccatto, a participarem na Defesa da Tese, muito obrigado a todos!

Agradeço ao amigo e Professor, Dr. Antônio Aduino Fonteles Filho, que com sua vasta experiência como Editor Chefe dos Arquivos de Ciências do Mar, muito contribuiu para a melhoria da dissertação dos Artigos. O meu muito obrigado!

Ao colega, e mais que amigo, “amigasso” Prof. Dr. Antônio Carlos Leal de Castro, agradeço pelas valiosas contribuições a este trabalho, e ainda, pelo apoio, incentivo, dedicação, “olhar reprovador e puxões de orelha”, mas mantendo firme sua confiança, muitíssimo obrigado!

Na figura do Prof. Dr. Victor Elias Moucherek Filho, Coordenador do Programa de Controle de Qualidade de Alimentos e Água de Paula Coelho Everton, Especialista em Tecnologia de Alimentos, estendo meus agradecimentos a toda equipe do Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Água do Departamento de Tecnologia Química da UFMA, onde as análises da composição química foram realizadas, e ainda, ao Laboratório de Química de Solos do Núcleo Tecnológico de Engenharia Rural da UEMA, na pessoa de João Reis Salgado Costa Sobrinho pelas análises de minerais contidas nesta tese. O meu muito obrigado!

A toda belíssima “Equipe da Força Tarefa”, na qual passei a fazer parte, composta por: Prof. Leonardo Silva Soares, Prof. James Werllen de Jesus Azevedo, os mestrandos: Marcelo Henrique Lopes Silva, Cássia Fernanda Chagas Ferreira e Rayssa de Lima Cardoso; e ainda a Gisele Martins Cardoso de Araújo e Helen Roberta Silva Ferreira, entre outros, que tendo como lema UM POR TODOS, TODOS POR UM, não mediram esforços, no auxílio a todas as etapas desse trabalho, VOCÊS SÃO DEMAIS!!! muito obrigado!

A todos os meus colegas de Departamento – DEOLI-UFMA, por algumas vezes terem assumido tarefas comuns, e de modo especial aos Professores: Dr. Marco Valério Jansen Cuttrim, Dra. Silvia Helena de Souza Arcaño e Dr. Walter Luis Muedas Yauri, enquanto chefes

de Departamento, me deixando de fora algumas vezes, para que assim eu ficasse à vontade na realização deste trabalho, muito obrigado!

Ao meu colega de sala, Prof. Dr. Leonardo Gonçalves de Lima, que durante todo esse tempo regou e cuidou da minha “plantinha” em nossa sala. Valeu Leo! Muito obrigado!

À Univerdidade Federal do Ceará (UFC), Universidade Federal do Maramhão (UFMA) e ao RENORBIO pelo apoio institucional para realização deste trabalho.

E principalmente agradeço a Deus pela minha família, que não poupou esforços para me apoiar incondicionalmente, compreendendo cada minuto que me foi tirado deles para a concretização desta tese.

A todos, Muito Obrigado!

Heliene Porto

“Estamos diante de um momento crítico na história da Terra, numa época em que a humanidade deve escolher o seu futuro. À medida que o mundo se torna cada vez mais interdependente e frágil, o futuro enfrenta, ao mesmo tempo, grandes perigos e grandes promessas. Para seguir adiante, devemos reconhecer que, no meio de uma magnífica diversidade de culturas e formas de vida, somos uma família humana e uma comunidade terrestre com um destino comum. Devemos somar forças para gerar uma sociedade sustentável global baseada no respeito pela natureza, nos direitos humanos universais, na justiça econômica e numa cultura de paz. Para chegar a este propósito, é imperativo que nós, os povos da Terra, declaremos nossa responsabilidade de uns para com os outros, com a grande comunidade da vida, e com as futuras gerações.”

Carta da Terra

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

RESUMO

Os ecossistemas aquáticos detêm valiosas fontes de alimento, de energia e de bioprodutos. Estudos relacionados a estes ambientes assumem importância para o desenvolvimento econômico de comunidades que dependem e podem se beneficiar de sua exploração sustentável. A pesca figura entre os setores de relevância socioeconômica destes ecossistemas aquáticos e deve ser considerada na elaboração de políticas públicas voltadas para segurança alimentar, inclusão social, erradicação da pobreza e geração de emprego e renda. Entretanto, o setor pesqueiro necessita ser planejado, objetivando o ordenamento, a geração de produtos beneficiados (agregação de valor), a conservação das espécies exploradas e a melhoria da qualidade de vida das pessoas envolvidas em suas cadeias produtivas. O presente trabalho avaliou a qualidade nutricional das seguintes espécies da ictiofauna nativa e alvos da atividade pesqueira do Rio Itapecuru, Rosário-MA: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp, *Prochilodus lacustris*, *Schizodon dissimilis*, *Ageneiosus ucayalensis* e *Hypostomus plecostomus*, através da concentração dos constituintes minerais Cálcio, Ferro, Potássio, Magnésio, Fósforo, Zinco, Cobre, Iodo, Selênio e Níquel e da composição centesimal do tecido muscular dos exemplares amostrados, apanhados da captura total, sem distinção de tamanho e sexo e selecionados somente exemplares com boas condições organolépticas. Tais espécies apresentam expressiva abundância e valor comercial considerável para a região. Os resultados médios da análise centesimal revelaram as seguintes variações entre as espécies: umidade de 73,7% a 79,2%; lipídeos totais, de 0,2 % a 6,8%, proteínas de 18,6 % a 23,0 %; cinzas, de 0,8% a 1,8%; valor energético, de 77 a 136 kcal/100g. A espécie *G. surinamensis* demonstrou maior teor de umidade e de cinzas e menor valor energético, indicando ser a espécie com maior conteúdo em minerais entre as espécies pescadas. Os exemplares de *A. ucayalensis* apresentaram, em termos médios, teores mais elevados de lipídios totais e maior valor energético, enquanto a espécie *P. lacustris* revelou maior percentual de proteínas. A comparação das concentrações dos minerais, determinadas para as sete espécies de peixes investigadas, não revelou diferenças estatísticas significantes, sugerindo que os hábitos alimentares desses pescados não exercem influências na sua absorção. Paralelamente, foi investigada a qualidade da água do rio Itapecuru, nos mesmos trechos e períodos de pesca, por meio de protocolos padrões do IQA-CETESB. Os resultados revelaram que o rio se enquadra nas classes “Boa” e “Regular”, revelando diferenças espaciais entre as estações de amostragem. Os resultados do trabalho, como um todo, permitiram ampliar o conhecimento sobre o valor proteico e lipídico das espécies nativas pescadas, além de fornecer subsídios para

o desenvolvimento biotecnológico e econômico dos recursos pesqueiros do Rio Itapecuru e de suas respectivas áreas de influência.

Palavras-chave: Peixe. Nutrição. Caloria. Mineral. Qualidade da água. Rio Itapecuru. Maranhão. Brasil

ABSTRACT

Aquatic ecosystems hold valuable sources of food, energy and bioproducts. Studies related to these environments become important for economic development of communities, dependent on them, and can benefit from their sustainable exploitation. Fishing is a considerable part of the socio-economic importance of these sectors in aquatic ecosystems, and should be considered in the development of public policies for food security, social inclusion, poverty eradication and employment generation and income. However, the fisheries sector needs to be planned, focusing the planning, on generation of processed products (with aggregate value added), the conservation of exploited species and improving the quality of life of the people involved in their supply chains. This study evaluated the nutritional quality of the following species of native fish populations and targets of fishing activity in the Itapecuru River, Rosario-MA: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata sp*, *Prochilodus lacustris*, *dissimilis Schizodon*, *ucayalensis Ageneiosus* and *Hypostomus plecostomus* by concentrating mineral components: calcium, iron, potassium, magnesium, phosphorus, zinc, copper, iodine, selenium, nickel and chemical composition of muscle tissue of the sampled specimens caught of the total catch, without size distinction nor sex, and selected only copies with good organoleptic conditions. Such species have significant abundance and considerable commercial value for the region. The average results of proximate analysis revealed the following variations between species: moisture 73.7% to 79.2%; total lipids, 0.2% to 6.8%, protein 18.6% to 23.0%; ashes, 0.8% to 1.8%; energy, 77-136 kcal / 100g. The species *G. surinamensis* showed a higher moisture content and ash, and lower energy value, indicating that the species with the highest mineral content between fished species. Copies of *A. ucayalensis* showed, on average, higher levels of total fat and higher energy value, while the species *P. lacustris* showed a higher percentage of protein. The comparison of the concentrations of minerals, determined for the seven species of fish investigated showed no statistically significant differences, suggesting that the eating habits of these fish do not exert influence on absorption. In parallel, the water quality of the Itapecuru River was investigated in the same passages and fishing periods, using protocols standard in the AQI-Cetesb. The results revealed that the river falls into the "good" and "regular" classes, revealing spatial differences between the sampling stations. The results of the work as a whole, allowed to increase knowledge about the protein and lipid value of native species, and provide subsidies for biotech and economic development of fisheries resources of the Itapecuru River and their respective areas of influence.

Keywords: Fish. Nutrition. Calorie. Mineral. Water quality. Itapecuru River. Maranhão. Brazil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Consumo alimentar mundial per capita por carne e por peixe.	29
Figura 2 -	Localização da Bacia hidrográfica do Rio Itapecuru e sua divisão morfológica em alto, médio e baixo curso.	33
Figura 3 -	Mapa de Hipsometria da bacia do Rio Itapecuru.....	34
Figura 4 -	Sistema de Captação de Água Italuís, localizada no Baixo Curso do Rio Itapecuru.	35
Figura 5 -	Planície de Inundação do Rio Itapecuru durante o período chuvoso do ano de 2009. (A) corresponde a SBH-2 e (B) corresponde a SBH-10.	35
Figura 6 -	Mapa de localização das sub-bacias hidrográficas do baixo curso do Rio Itapecuru.	36
Figura 7 -	Situação da área estudada em relação as sedes dos municípios, comunidades e Distrito Industrial do BCRI.....	37
Figura 8 -	Modo de vida das comunidades do BCRI. (A) Casa de taipa na localidade. (B) Área utilizada para agricultura de subsistência.	38
Figura 9 -	Utilização de recursos naturais pelas comunidades que vivem nas SBHs do BCRI.	38
Figura 10 -	Mapa de localização dos Distritos Industriais e das SBHs do BCRI.....	40
Figura 11 -	Atividades de terraplenagem para implementação de empreendimento petroquímico no Município de Bacabeira.....	41
Figura 12 -	A Espécie <i>Plagioscion squamosissimus</i>	42
Figura 13 -	A Espécie <i>Curimata</i> sp.	43
Figura 14 -	A Espécie <i>Prochilodus lacustris</i>	44
Figura 15 -	A Espécie <i>Geophagus suranamensis</i>	45
Figura 16 -	A Espécie <i>Shizodon dissimilis</i>	45
Figura 17 -	A Espécie <i>Ageneiosus ucayalensis</i>	46
Figura 18 -	A Espécie <i>Hypostomus plecostomus</i>	46

Figura 19 -	Localização da Bacia hidrográfica do rio Itapecuru, e sua divisão altimétrica em alto médio e baixo curso.	60
Figura 20 -	Localização das sub-bacias hidrográficas do Baixo Curso do Rio Itapecuru.	61
Figura 21 -	Localização das estações de amostragem no baixo curso do rio Itapecuru.	62
Figura 22 -	Valores médios do Índice de Qualidade de Água entre as estações P1 e P5 localizadas no Baixo Curso do Rio Itapecuru.	65
Figura 23 -	Índice de Qualidade de Água no período compreendido entre abril de 2012 e janeiro de 2015 no do Baixo Curso do Rio Itapecuru.	66
Figura 24 -	Análise de Componente Principal entre as variáveis do IQA e estações de amostragem no baixo curso do rio Itapecuru.	67
Figure 25 -	Map of locations of samples of fish in the lower stretch of the Itapecuru River.	77
Figure 26 -	Average Levels of lipids, proteins and ash fish species captured in the Itapecuru River.	80
Figure 27 -	Resultant factorial Plan of Principal Component Analysis of the chemical composition of species caught in the lower stretch of the Itapecuru River.	83
Figure 28 -	Location map of the points of fish sampling in the lower stretch of the Itapecuru River.	92
Figure 29 -	Factorial Plan resulting from the analysis of the main components in the mineral concentration of species caught in the lower stretch of the Itapecuru River.	101
Figura 30 -	Mapa de localização do trecho inferior do rio Itapecuru.	117
Figura 31 -	Foto panorâmica do ponto P1 (Santa Luzia), com detalhe do apetrecho de pesca (Malhadeira) sendo utilizado na captura da ictiofauna, no Rio Itapecuru – MA.	117
Figura 32 -	Foto panorâmica da área e detalhes do desenvolvimento de amostragem da ictiofauna presente no ponto P2 (São Miguel) no Rio Itapecuru – MA.	118
Figura 33 -	Foto panorâmica da área do ponto P3 (Rosário) para a amostragem da ictiofauna na área de influência direta (AID) do empreendimento Refinaria Premium I – MA.	118

Figura 34 -	Recolhimento da malhadeira por pescador artesanal da região – trecho Santa Luzia.	119
Figura 35 -	Amostra de pescado seccionada como preparação para serem homogeneizadas.	121
Figura 36 -	Vista do material já carbonizado, cinzas.	123
Figura 37 -	Pesagem da amostra do pescado em cartucho apropriado.	124
Figura 38 -	Vista da Bateria de Sebelim promovendo a extração de gordura.	125
Figura 39 -	Tubos de Kjeldahl contendo as amostras e adicionado H_2SO_4 (K_2SO_4 e Se).	127
Figura 40 -	Conjunto de tubos de Kjeldahl sendo aquecido em uma chapa elétrica apropriada, na capela – Digestão da amostra.	127
Figura 41 -	Vista do aparelho destilador de nitrogênio.	128
Figura 42 -	Fase de Titulação.	129
Figura 43 -	Ponto de viragem.	129
Figura 44 -	Espectrofotômetro de emissão atômica.	131
Figura 45 -	Fluxograma das análises físico-químicas e minerais realizadas.	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Conteúdo em ω -3/100g de peixes, moluscos e crustáceos.....	50
Quadro 2 -	Lista de coordenadas dos pontos de coleta. Coordenadas UTM (Fuso 23, meridiano central 45°, Datum horizontal SAD-69).....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Os maiores produtores mundial de pescado em 2012.	24
Tabela 2 -	Os 15 maiores produtores mundial de pescado em águas interiores em 2012.	26
Tabela 3 -	Descrição das bacias hidrográficas inseridas na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Itapecuru.....	32
Tabela 4 -	Descrição das bacias hidrográficas inseridas na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Itapecuru.....	59
Tabela 5 -	Pontuação do Índice de Qualidade de Água do Baixo Curso do Rio Itapecuru.	64
Tabela 6 -	Matriz do Teste de Tukey entre o IQA das cinco estações de amostragem do Baixo Curso do Rio Itapecuru.....	65
Tabela 7 -	Matriz do Teste de Tukey para os valores de IQA nos doze meses de amostragem no Baixo Curso do Rio Itapecuru.	66
Table 8 -	Chemical composition and caloric value (mean \pm standard deviation) of muscle tissue fillet of seven species of fish captured in the lower stretch of the Itapecuru River - Maranhão - Brazil.	79
Table 9 -	Taxonomy, morphometric variables and feeding habit of the species analyzed.	94
Table 10 -	Mean values and standard deviation of the concentrations of the mineral constituents of seven species in the lower stretch of the Itapecuru River.	94

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT NBR	Norma Brasileira aprovada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ACP	Análise de Componente Principal
BCRI	Baixo Curso do Rio Itapecuru
CBD	Secretariat of the Convention on Biological Diversity
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo
CT	Coliformes Termotolerantes
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEOLI	Departamento de Oceanografia e Limnologia
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency
ESTATPESCA	Boletim Estatístico da Pesca Marítima e Estuarina
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
FAVET	Faculdade de Medicina Veterinária – UECE
FFEO	Faculdade de Ciências Farmacéuticas - UFC
FSADU	Fundação Sossândrade de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal do Maranhão
IAL	Instituto Adolfo Lutz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INC2	Segunda Conferência Internacional sobre Nutrição
ITALUÍS	Nome dado ao sistema de captação de água da cidade de São Luís
IQA	Índice de Qualidade de Água
LDL	Lipoproteína de Baixa Densidade
MERCOSUR	Mercado Comum do Sul
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
NSF	National Sanitation Foundation
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto

PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio
RENORBIO	Rede Nordeste de Biotecnologia
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SBHs	Sub-Bacias Hidrográficas
SEINC	Secretaria de Indústria e Comércio do Estado do Maranhão
SST	Sólidos Suspensos Totais
SUDEPE	Superintendência de Desenvolvimento da Pesca
T	Temperatura
TU	Turbidez
UECE	Universidade Estadual do Ceará
UFC	Universidade Federal do Ceará
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura.
UTM	Universal Transversa de Mercator

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.	18
2	JUSTIFICATIVA.	21
3	REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1	Situando o Brasil no Contexto Global, e o Maranhão no Contexto Nacional.	24
3.2	Caracterização da Área.	31
3.2.1	<i>A Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru.</i>	31
3.3	Qualidade da Água do Rio Itapecuru	39
3.4	Sobre as Principais Espécies de Peixes	42
3.5	Composição Centesimal de Espécies de Peixes	47
3.6	Constituintes Minerais em Espécies de Peixes	51
4	CAPÍTULO 1: ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DO BAIXO CURSO DO RIO ITAPECURU, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL.	55
4.1	Introdução	57
4.2	Metodologia.	62
4.2.1	<i>Rede de amostragem</i>	62
4.2.2	<i>Procedimento de coleta</i>	63
4.2.3	<i>Índice de Qualidade de Água (IQA)</i>	63
4.3	Resultados e Discussão.	64
4.4	Conclusão.	70
5	CAPÍTULO 2: EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FISH SPECIES CAPTURED IN THE LOWER STRETCH OF ITAPECURU RIVER, MARANHÃO, BRAZIL..	73
5.1	Introduction.	75
5.2	Material and Methods	76
5.2.1	<i>Material</i>	76
5.2.2	<i>Determining the chemical composition</i>	77
5.2.3	<i>Statistical analysis.</i>	78
5.3	Results and Discussion.	78
5.3.1	<i>Proximate analysis and statistical evaluation.</i>	78
5.4	Conclusion	83

6	CAPÍTULO 3: ASSESSMENT OF THE CONSTITUENT MINERALS OF FISH SPECIES CAPTURED IN THE LOWER STRETCH OF THE ITAPECURU RIVER, MARANHÃO, BRAZIL.....	89
6.1	Introduction .	91
6.2	Material and Methods .	91
6.3	Results and Discussion.....	93
6.3.1	Calcium (Ca).....	95
6.3.2	Iron (Fe).....	95
6.3.3	Potassium (K).....	96
6.3.4	Magnesium (Mg).....	96
6.3.5	Phosphorus (P).....	97
6.3.6	Zinc (Zn).....	98
6.3.7	Copper (Cu).....	98
6.3.8	Iodine (I).....	99
6.3.9	Selenium (SE).....	99
6.3.10	Nickel (Ni).....	100
6.4	Conclusion .	101
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	106
	REFERÊNCIAS.....	109
	APÊNDICE A - METODOLOGIA DAS COLETAS E ANÁLISES DE CAMPO.....	117
	APÊNDICE B - METODOLOGIA DAS ANÁLISES DE LABORATÓRIO....	120
	ANEXO A - ARTIGO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA ESPACIOS – CARTA DE ACEITE.....	133
	ANEXO B - ARTIGO CONSTANTE NO CAPÍTULO 2, ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NO DONNISH JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH – COMPROVAÇÃO COM ABSTRACT.....	134
	ANEXO C - ARTIGO CONSTANTE NO CAPÍTULO 2, ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NO DONNISH JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH – COMPROVAÇÃO FATOR DE IMPACTO.	135
	ANEXO D - ARTIGO CONSTANTE NO CAPÍTULO 3, ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NO DONNISH JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY RESEARCH – COMPROVAÇÃO COM ABSTRACT ..	136

ANEXO E - ARTIGO CONSTANTE NO CAPÍTULO 3, ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NO DONNISH JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY RESEARCH – COMPROVAÇÃO FATOR DE IMPACTO.....	137
---	------------

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico e social de qualquer país está fundamentado na disponibilidade de água de boa qualidade e na capacidade de conservação e proteção dos recursos hídricos. Em todos os continentes, os recursos hídricos superficiais e subterrâneos deterioram-se rapidamente devido às múltiplas atividades humanas que se desenvolvem com grande intensidade nas bacias hidrográficas do planeta.

O estado do Maranhão se apresenta como um dos maiores potenciais hídricos do país, possuindo dez bacias hidrográficas e dois sistemas hidrográficos. Ainda que possua esse potencial, esse fato, por si só não garante água com qualidade e quantidade para cumprir com as diversas necessidades dos maranhenses. Isso decorre das constantes agressões provocadas pelas ações antrópicas ao meio ambiente e da falta de estruturas de gestão e de controle do uso dos recursos naturais.

A utilização dos cursos d'água como receptáculo final de resíduos urbanos e industriais, bem como atividades que provocam o uso inadequado do solo, erosão e desmatamento, têm causado sérios danos aos recursos hídricos, dentre os quais se destacam o aumento do transporte de sedimentos e a contaminação orgânica e química das águas, com sérias implicações nas comunidades ictiofaunísticas.

As regiões costeiras e, principalmente, os estuários, têm sido os ambientes mais favoráveis à ocupação humana ao longo de sua história, por aliarem disponibilidade de água e riqueza e produtividade dos alimentos costeiros à facilidade de transporte e comunicação (GIANESELLA E SALDANHA-CORRÊA, 2010).

Nestes ambientes, muitas populações dependem de peixes como parte principal de sua dieta diária e esta dependência normalmente é maior nos países em desenvolvimento do que nos desenvolvidos. O padrão alimentar em muitos destes países revela uma grande dependência de alimentos básicos, por isso o peixe passa a ser a principal fonte, representando em 2010, com 19,6% do consumo de proteína animal em países em desenvolvimento (Brasil incluído), tornando-se particularmente importante para ajudar a corrigir um desequilíbrio de proporção calorias/proteína (FAO, 2014).

Reconhecidamente, o peixe é uma importante fonte de muitos nutrientes, incluindo a proteína de alta qualidade, retinol, vitaminas D e E, iodo e selênio. Evidências sugerem cada vez mais a associação do consumo de peixes a um maior desenvolvimento do cérebro e da aprendizagem em crianças, bem como a melhoria da visão e da saúde ocular, além da proteção

contra doença cardiovascular e alguns tipos de câncer. As gorduras e ácidos gordos de peixes são altamente benéficos e difíceis de obter a partir de outras fontes de alimento (FAO, 2013).

Registros científicos confirmam que o pescado é um alimento de extrema importância na dieta dos indivíduos por sua riqueza de nutrientes, alto valor nutricional e proteico, lipídios de excelente qualidade (das séries ômega 3 e 6), baixos níveis de gorduras totais, saturadas e colesterol, e ainda possuir altos teores de ácidos graxos poli-insaturados e minerais como cálcio, fósforo, sódio, potássio e magnésio (MARTIN *et al.*, 2000; VILA NOVA *et al.*, 2005). Entretanto, apesar de sua importância, só recentemente foi possível ver um aumento na demanda por consumo de peixes após a expansão da nutrição como área de conhecimento, que apontou suas vantagens como alimento (MENEZES, 2006).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), o pescado é a proteína animal mais saudável e consumida no mundo e os brasileiros, em média, chegam a consumir 14,5 Kg por habitante /ano de acordo com o levantamento feito em 2013, ultrapassando o consumo mínimo de pescado recomendado de 12 Kg por habitante/ano (aproximadamente 250 g de peixe por semana) (FAO, 2013).

Neste contexto, dados sobre a composição química e nutricional de produtos da pesca são de extrema necessidade para cientistas, biólogos e nutricionistas, gerando subsídios para fins de classificação nutricional, formulação de dietas, na indústria alimentícia, pesquisas ecológicas e para pesquisadores que tenham o objetivo de melhorar o perfil alimentar da população.

Os resultados gerados com a pesquisa, além de subsidiar o estabelecimento de medidas de preservação, conservação e recuperação ambiental das sub-bacias hidrográficas do baixo curso do Rio Itapecuru, no campo de conhecimento específico da composição nutricional, incluindo minerais, destes peixes regionais, poderão subsidiar também o processo de tomada de decisão, pois fornecem informações imprescindíveis para uma série de medidas úteis e significativas, principalmente na formulação de políticas públicas, como por exemplo, a implantação de indústria de processamento de pescado e/ou a implantação de uma fábrica de ração de peixe através do sistema de cooperativa, ou ainda incentivar a piscicultura intensiva, tudo isso visando o aumento de renda e melhoria da perspectiva de trabalho para a população jovem local. Mais, e talvez de maior importância, gera informações para os profissionais da área de saúde, no manejo nutricional dos peixes, com vistas a uma adequada orientação dietética, além de buscar alternativas reais que possam suprir adequadamente as necessidades nutricionais dos indivíduos, e ainda estimular o consumo das espécies regionais.

Assim, tendo em vista a importância alimentar e a carência de informações sobre o valor nutritivo desses peixes regionais, levou-se avante o presente trabalho de tese, tendo como objetivo geral estudar o índice de qualidade da água do rio Itapecuru, associado à composição centesimal e avaliação dos constituintes minerais de sete espécies da ictiofauna: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp, *Prochilodus lacustris*, *Schizodon dissimilis*, *Ageneiosus ucayalensis* e *Hypostomus plecostomus*, todas, alvo da atividade pesqueira deste importante rio, e, ainda, gerar subsídios para formulação de políticas públicas que visem à valorização do pescado com seus subprodutos e o ordenamento pesqueiro com consequente garantia da manutenção dos estoques naturais.

Como objetivos específicos têm-se:

- Compreender a dinâmica da qualidade da água do rio Itapecuru, associando possíveis alterações com as espécies de peixes presentes em regiões do mesmo.
- Identificar as espécies de peixes de maior importância para as comunidades locais ou pelo seu valor comercial ou pela sua abundância.
- Determinar e apresentar a composição centesimal (umidade, cinzas, proteínas, lipídios totais e valor calórico) e avaliar os constituintes minerais dessas espécies de peixes eleitas.
- Promover subsídios para a valoração dos recursos pesqueiros estudados, gerando com isso também subsídios para os profissionais da área de saúde para uma adequada orientação dietética, bem como na obtenção de dados que possam ser incluídos em Tabelas de Composição de Alimentos Regionais/Nacionais.

Este trabalho está composto, além da **Introdução** e da **Justificativa**, que formam a primeira e segunda, por mais oito seções, sendo três referentes aos capítulos contendo os resultados, apresentados em forma de artigos, submetidos, aceitos e publicados em periódicos com extratos iguais ou superiores ao equivalente B2 do Qualis Capes.

Na terceira seção, é apresentada a **“Revisão de Literatura”**, com seis subseções, onde posiciona o Brasil dentro do Contexto Global e relata a situação do Estado do Maranhão dentro do contexto nacional em relação ao pescado em geral, como o grande produtor do pescado nacional que é, porém de tecnologia ainda artesanal; além de apresentar os principais aspectos conceituais relativos aos temas discutidos nesta tese, baseado em relatos científicos.

A terceira seção apresenta ainda a **“Caracterização da Área”** onde foi realizado o presente estudo, relatando a **“Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru”** como um todo e com

ênfase em seu **Baixo Curso**, incluindo os municípios de Bacabeira, Rosário e Santa Rita e suas SBHs; relata sobre a “**Qualidade da Água do Rio Itapecuru**”, “**Sobre as Principais Espécies**” presentes neste importante Rio e selecionadas para este estudo, além ainda de transcrever relatos de autores em relação a “**Composição Centesimal**” e “**Constituintes Minerais**” destas espécies.

A quarta seção, intitulada “**Índice de Qualidade de Água do Baixo Curso do Rio Itapecuru, Estado do Maranhão, Brasil**”, refere-se ao **Capítulo 1** que trata de artigo em que está discutida a importância dos índices de qualidade de água para o monitoramento contínuo dos recursos hídricos.

A quinta seção, constitui o **Capítulo 2**, e refere-se ao artigo intitulado “**Evaluation of the Chemical Composition of Fish Species Captured in the lower Stretch of Itapecuru River, Maranhão, Brazil**”, em que se analisa a composição centesimal do tecido muscular de sete espécies de peixes ocorrentes no trecho inferior do Rio Itapecuru escolhidas por apresentarem expressiva abundância e/ou elevado valor comercial para a região, constituindo-se como principal fonte de renda para os pescadores locais.

A sexta seção apresenta-se o artigo intitulado “**Avaliação dos Constituintes Minerais de Espécies de Peixes Capturadas no Trecho Inferior do Rio Itapecuru – Maranhão – Brasil**”, em inglês: **Assessment Of The Constituent Minerals Of Fish Species Captured In The Lower Stretch Of The Itapecuru River, Maranhão, Brazil**, que constitui o **Capítulo 3**, e onde se analisa a concentração dos minerais: Cálcio, Ferro, Potássio, Magnésio, Fósforo, Zinco, Cobre, Iodo, Selênio e Níquel no tecido muscular das mesmas espécies de peixes da seção anterior.

Na sétima primeira seção, é apresentada as “**Considerações Finais**” da tese. Na oitava seção, são apresentadas todas as “**Referências**” citadas na pesquisa. Por fim, apresentam-se sete **Apêndices**, nos quais estão detalhados os procedimentos metodológicos das análises laboratoriais referentes as avaliações da composição centesimal das espécies e seus constituintes minerais, assim como as principais informações referentes aos periódicos nos quais os artigos científicos foram publicados.

2 JUSTIFICATIVA

O Brasil possui uma das maiores reservas de água doce do mundo e grandes diversidades de atividades que dependem dos organismos que vivem nestes ecossistemas e se

constituem como recursos econômicos e naturais indispensáveis para o desenvolvimento do país e das regiões onde são explorados.

Dentre as atividades, destaca-se a pesca, que é um setor de relevante importância socioeconômica e deve ser considerado na formulação de políticas públicas voltadas para segurança alimentar, inclusão social, erradicação da pobreza e geração de emprego e renda. Para tanto, esta atividade necessita ser planejada, objetivando o ordenamento pesqueiro, a geração de produtos beneficiados (agregação de valor), a conservação das espécies exploradas e a melhoria da qualidade de vida das pessoas envolvidas em suas cadeias produtivas.

Atualmente, uma das principais problemáticas relacionadas aos recursos pesqueiros é a sobrepesca. Diversos trabalhos apontam medidas para dinamizar a atividade no país e levantam questões relacionadas a investimentos em pesquisa e capacitação humana que poderiam contribuir para a exploração racional e sustentável dos recursos naturais. Salientam que medidas de manejo em geral têm sido estabelecidas com base em padrões biológicos observados para as espécies envolvidas. Esses autores ressaltam, ainda, a importância de levantamentos biológicos e ecológicos adequados a fim de evitar colapsos futuros nas pescarias.

Aliado a estes estudos, para viabilizar o fortalecimento das cadeias produtivas com valorização e geração de novos produtos regionais e conseqüente aumento na oferta de emprego e renda são necessárias o desenvolvimento de pesquisas que abordem as questões de composição nutricional, qualidade e beneficiamento da ictiofauna. O conhecimento da composição química torna-se primordial na avaliação do potencial nutricional, trazendo informações essenciais acerca das quantidades de proteínas necessárias ao consumo de populações, principalmente as de baixa renda residentes no entorno das bacias hidrográficas (FERNANDES, 2009).

Assim, a necessidade da “*bioprospecção*” justifica-se devido os peixes representarem importante constituinte da dieta humana, incorporando diversos componentes com significativo valor nutricional, como os protídios, ao mesmo tempo em que contém a maior reserva de ácidos graxos poliinsaturados, especialmente o eicosapentaenóico (20:5n-3, EPA) e o docosahexaenóico (22:6n-3, DHA), da série ômega-3, aos quais são atribuídos numerosos benefícios cardioprotetores (VISENTAINER, 2000).

Registros científicos relatam a qualidade dos ácidos graxos de peixes no combate ou prevenção de doenças como diabetes, hipertensão e asma (HODGEL, 1996); prevenção de ataque cardíaco (HAGSTRUP, 2000); depressão (HIBBELN E SALEM, 1995); câncer (GOGOS, 1998) e na redução dos níveis de colesterol e triglicérides (TIDWELL *et. al.*, 1993). Considerando a escassez de informações sobre a composição centesimal, o teor de colesterol,

o perfil de ácidos graxos e o valor calórico destes peixes regionais, tornam-se necessárias investigações sobre o seu potencial nutricional.

Por outro lado, o componente de “*bioprospecção*” desta pesquisa possibilita a obtenção de dados relevantes que poderão ser inseridos em Tabelas de Composição de Alimentos Regionais/Nacionais. Estas informações são indispensáveis para desenvolvimento de programas de saúde, que visem: a realização de balanço alimentar com o objetivo de avaliar a ingestão alimentar em programas de merenda escolar; planejamento de programas que visam fornecer ou suplementar a dieta de grupos específicos, como idosos, pré-escolares, diabéticos, obesos, entre outros; utilização por indústrias de alimentos, para o melhoramento do potencial nutritivo de seus produtos; educação alimentar, que vise um fornecimento de todos os elementos essenciais ao organismo através de diferentes fontes alimentares e terapêutica nutricional para pessoas que apresentam carência em determinados compostos, ou ainda, que não sintetizem alguns compostos.

Desta forma, estudos desenvolvidos nesta tese possibilitam a geração de informações chave para o desenvolvimento das ações de planejamento do setor pesqueiro, os dados de “*bioprospecção*” contribuem para a valoração do pescado e de seus subprodutos, ao mesmo tempo a “*bioecologia*” das espécies é fundamental para subsidiar a implementação de medidas que garantam a exploração sustentável de tais recursos. Estes dois segmentos são essenciais quando se pretende estabelecer políticas públicas que visem a sua exploração sustentável e a geração de emprego e renda no setor pesqueiro.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Situando o Brasil no Contexto Global, e o Maranhão no Contexto Nacional

A pesca é uma forma de trabalho e uma atividade econômica das mais antigas na história do homem. No território brasileiro, antes do descobrimento, já havia diferentes grupos de índios que praticavam a pesca na forma de subsistência (DIEGUES, 1983). No Brasil, a pesca foi influenciada por uma variada gama de culturas, tendo por base a cultura portuguesa e espanhola. O legado deixado por essas culturas permitiu o surgimento no litoral de culturas ligadas à pesca artesanal como, por exemplo, a do jangadeiro - que abrange o litoral nordestino indo do Ceará à Bahia, o caiçara - que abrange o litoral entre o Rio de Janeiro e São Paulo, e a do açoriano - que abrange o litoral de Santa Catarina até o Rio Grande do Sul (DIEGUES, 1999).

Em termos globais, o Brasil hoje se colocou em destaque. Para comprovar, toma-se em consideração a produção mundial de pescado, que atingiu aproximadamente 158 milhões de toneladas em 2012, apresentando-se como os maiores produtores a China com cerca de 57,3 milhões de toneladas, a Índia com aproximadamente 9,1 milhões de toneladas e a Indonésia com cerca de 8,9 milhões de toneladas (Tabela 1) (FAO, 2014).

Tabela 1 - Os maiores produtores mundial de pescado em 2012.

Países	Produção Pesqueira em 2012			
	Marinha	Interiores	Cativeiro	Total
China	13.869.604	2.297.839	41.108.306	57.275.749
Índia	3.402.405	1.460.457	4.209.415	9.072.277
Indonésia	5.420.247	393.553	3.067.660	8.881.460
Vietnã	2.418.700	203.500	3.085.500	5.707.700
EUA	5.107.559	-	420.024	5.527.583
Peru	4.807.923	-	-	4.807.923
Rússia	4.068.850	262.548	-	4.331.398
Japão	3.611.384	-	633.047	4.244.431
Myanmar	2.332.790	1.246.460	-	3.579.250
Chile	2.572.881	-	-	2.572.881
⋮				
Brasil	-	266.042	707.461	973.503
Total/Mundial	79.705.910	11.630.320	66.633.253	157.969.483

Fonte: FAO (2014).

Entre os mais produtivos, o Brasil ocupa o 19º lugar, caindo uma posição em relação ao ano anterior, mas manteve-se no 3º lugar entre os países da América do Sul, produzindo 973.503 t de pescado em 2012 (FAO, 2014) ficando atrás do Peru com 4,8 milhões de toneladas, obtidas somente pela pesca extrativa marinha (caindo, portanto sua produção, que tinha sido de 8,2 milhões de toneladas em 2011), e o Chile com 2,5 milhões de toneladas (FAO, 2014), ficando evidente que a produção de pescado dos países que pescam no Pacífico são bem superior à produção brasileira.

Registra-se, portanto, um incremento de aproximadamente 13,2% à produção brasileira de pescado de 2011 em relação a 2010 que foi de 1.264.765 toneladas (MPA, 2011), ficando muito acima do incremento apresentado pelo setor, em análise mundial, que foi pouco abaixo de 3%, segundo informações provenientes da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), contido no Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (MPA, 2011).

Tomando por base a produção de pescado oriundo somente da pesca extrativa em águas interiores (feita quase que totalmente pela pesca artesanal), a produção mundial em 2012 foi de 11,6 milhões de toneladas, apresentando-se a China novamente como o maior produtor do mundo, com cerca de 2,3 milhões de toneladas, seguido pela Índia com 1,4 milhões de toneladas, Myanmar com 1,2 milhões de toneladas, Bangladesh com 957.095 t e Camboja com 449.000 t, todos na Ásia. Já o Brasil avançou, passando da 12ª colocação, ocupada em 2011 quando produziu 248.805 t, para a 10ª colocação no ranking mundial de 2012, registrando uma produção de 266.042 t (Tabela 2), (FAO, 2014).

Ainda conforme a FAO, de toda essa produção pesqueira, incluindo a pesca e aquicultura, a utilizada pelos humanos aumentou de 70% nos anos 80 para um recorde de mais de 85% (quase 158 milhões de toneladas) em 2012, garantindo o sustento de 0 a 12 por cento da população mundial (FAO, 2014).

A precariedade das estatísticas da pesca artesanal, tanto no Brasil quanto no mundo, é amplamente reconhecida. No Brasil, a pesca artesanal sofre de uma carência de informações biológicas e socioeconômicas. Durante a vigência da Superintendência de Desenvolvimento da Pesca (SUDEPE), os dados e informações sobre a atividade da pesca artesanal eram precários, mas com a extinção do órgão, em 1989, essas se tornaram ainda mais precárias. Uma das carências detectadas eram as informações socioeconômicas dos pescadores, as tecnologias de pesca, o saber tradicional dos pescadores e as formas de organização social dos pescadores artesanais.

Tabela 2 - Os 15 maiores produtores mundial de pescado em águas interiores em 2012.

Países	Toneladas			Variação	
				Porcentagem	
	2003	2011	2012	2003-2012	2011-2012
China	2.135.086	2.232.221	2.297.839	7,6	2,9
Índia	757.353	1.061.033	1.460.456	92,8	37,6
Myamar	290.140	1.163.159	1.246.460	329,6	7,2
Bangladesh	709.333	1.054.585	957.095	34,9	-9,2
Cambodia	308.750	445.000	449.000	45,4	0,9
Uganda	241.810	437.415	407.638	68,6	-6,8
Indonésia	308.656	368.578	393.553	27,5	6,8
Tanzania	301.855	290.963	314.945	4,3	8,2
Nigéria	174.968	301.281	312.009	78,3	3,6
Brasil	227.551	248.805	266.042	16,9	6,9
Rússia	190.712	249.140	262.548	37,7	5,4
Egito	313.742	253.051	240.039	-23,5	-5,1
Tailândia	198.447	224.708	222.500	12,1	-1
Congo	230.365	217.000	214.000	-7,1	-1,4
Vietnã	208.872	206.100	203.500	-2,6	-1,3
Total 15 países maiores produtores	6.597.640	8.753.039	9.247.624	40,2	5,7
Total mundial	8.611.840	11.124.401	11.630.320	35,1	4,5
Participação dos 15 países maiores produtores (porcentagem)	76,6	78,7	79,5		

Fonte: FAO (2014).

Há ao longo do litoral brasileiro várias formas de organização do processo da pesca artesanal sendo essa a pesca de subsistência, a pesca nos moldes da produção mercantil e a pesca capitalista. A pesca de subsistência está praticamente extinta no litoral, mas com algumas ocorrências no Amazonas e entre as tribos indígenas e também entre algumas populações ribeirinhas. Ela é mais uma economia de troca, em que o uso de moeda não é observado, e o eventual excedente é muito reduzido. A pesca, nos moldes da pequena produção mercantil, tem a sua forma de organização na produção do pescado e nos moldes de sua comercialização. Há certa forma de organização e divisão social do trabalho. O princípio que rege a organização da produção é o de mercadoria, que se transforma em dinheiro. A pesca capitalista apresenta as seguintes características: a propriedade e/ou posse dos instrumentos de produção, a forma de remuneração é o salário, o pescador não tem autonomia de tomada de decisão e nem sobre os outros aspectos da pescaria, os equipamentos modernos tais como o sonar, o radar e a ecossonda

transformam completamente a função do mestre da pesca, e a atividade é voltada para a produção de mercadoria.

No 1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura, Adão Pinheiro em 2014, comentando sobre a importância da aquicultura como solução para o problema da produção de proteína no mundo, que é uma realidade, cita estudo do Instituto norte-americano Earth Policy, realizado por J. Matthew Roney, onde esse autor mostra que pela primeira vez na História mundial, a produção de peixes e frutos do mar para consumo ultrapassou a de carne bovina, em 2012: 66,5 milhões de toneladas de produtos do mar contra 63 milhões de toneladas de carne vermelha (PINHEIRO, 2014).

De acordo com o relatório da Organização das Nações Unidas de 2015 (ONU, 2015), a população mundial atingiu, em meados de 2015, a marca de 7,3 bilhões de habitantes, estando projetado para atingir 8,5 bilhões em 2030, 9,7 bilhões em 2050 e 11,2 em 2100 com a maioria do crescimento populacional ocorrendo em regiões em desenvolvimento. Garantir alimentação adequada e segurança nutricional para esta população em crescimento é um desafio assustador.

Para destacar a importância do setor pesqueiro, o papel do peixe foi destaque na Segunda Conferência Internacional sobre Nutrição (INC2), organizada conjuntamente pela FAO e pela OMS, ocorrida em 2014 em Roma, onde foram discutidas a preservação e sustentabilidade deste recurso, além das metas e estratégias das organizações para sua implementação de 2016 até 2025, quando ocorrerá novo evento, em Genebra. A Conferência, cujo resultado está contido no Global Nutrition Report 2014, teve seu desfecho em dois principais documentos - Declaração de Roma sobre a Nutrição e o Quadro de Ações – sendo endossado pelos governos participantes na conferência, comprometendo os líderes mundiais, de mais de 170 países, dentre eles, o Brasil, a estabelecer políticas nacionais destinadas à erradicação da desnutrição e transformando os sistemas alimentares para fazer dietas nutritivas disponíveis para todos (FAO/WHO, 2015) e (NOTA INFORMATIVA - MERCOSUR, 2015).

E neste cenário, entra o Brasil. Um país, banhado por uma costa litorânea de 8,5 mil quilômetros, uma das mais extensas do mundo, além de imensa Zona Econômica Exclusiva (área marítima de uso do país, correspondente a 200 milhas), possuindo ainda uma das maiores bacias hidrográficas do mundo, concentrando 12% de toda a água doce do planeta (a título de exemplo, mais que todo o continente europeu ou africano que detêm 7% e 10%, respectivamente), com 8,2 bilhões de metros cúbicos de água doce distribuídos em 5,5 milhões de hectares de reservatórios entre rios, lagos, açudes e represas. E ainda, com condições ambientais e climáticas favoráveis, rica biodiversidade (tanto no mar quanto nos rios e lagoas),

terras e mão de obra, disponíveis e relativamente baratas, uma produção significativa de grãos para fabricação de ração e crescente mercado interno (PINHEIRO, 2014), o Brasil, com tanta riqueza, e por suas características físicas e matriz energética, reúne potencial e perfil com condições para competir com os grandes produtores de pescado do mundo.

Porém, a despeito de todas suas dimensões, biodiversidade e potencialidade, grande parte da zona marinha do Brasil é caracterizada por baixa concentração de nutrientes e por produtividade reduzida, contrariando a percepção comum de que essa região constitui fonte abundante ou inesgotável de recursos. Embora a atividade pesqueira no Brasil tenha incontestável importância socioeconômica, como provedora de proteína animal e também como geradora de estimados 800 mil empregos, mobilizando um contingente de cerca de 4 milhões de pessoas direta ou indiretamente ligadas à atividade, gerando um PIB nacional na ordem de R\$ 5 bilhões (PINHEIRO, 2014), estudos realizados nos últimos anos indicam o equívoco da presunção da abundância ou inesgotabilidade desses recursos (MMA, 2010).

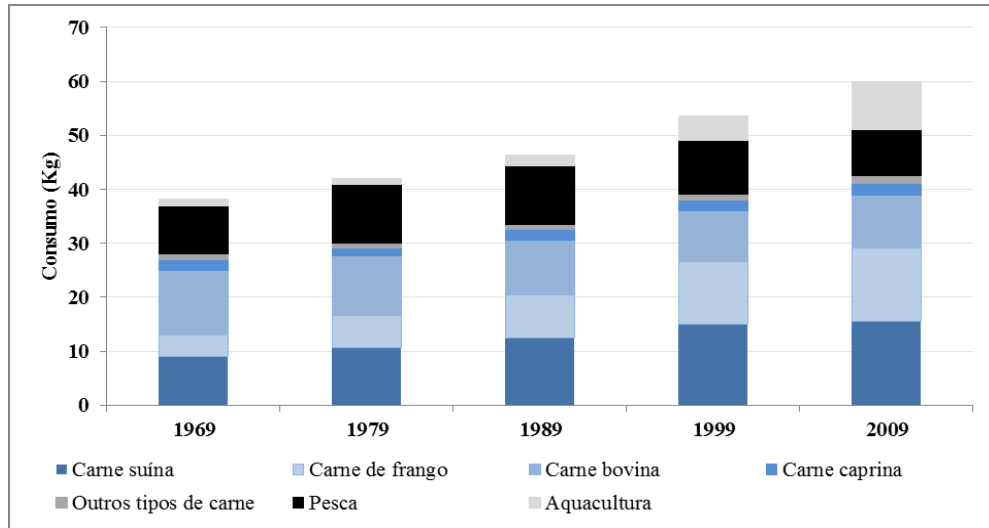
Como em todo o mundo, no Brasil o consumo de peixe *per capita* também aumentou, cerca de 30%, enquanto o de carne bovina cresceu 10%, entre 2000 e 2009 (Figura 1), (FAO, 2014). Isto se deve talvez pela elevação de consciência das populações; primeiro, pelo fato positivo em relação à saúde, pois o pescado fornece carne magra de qualidade; e segundo, tendo em vista a sustentabilidade, pois conforme Marcelo Crivella, Ministro da Pesca e Aquicultura, em entrevista dada à Vanin em 2014, *“para engordar o boi, uma tonelada de boi, se precisa de um hectare de terra e de 32 quilos de ração para cada quilo de boi; enquanto um hectare de água produz 200 toneladas de peixe, e para engordar um quilo de peixe precisa de 1,5 quilos de ração”*. *“Além do que o peixe não rumina, não emite metano ao meio ambiente, sendo assim, o peixe é sustentável”*, disse ainda o Ministro à Vanin (VANIN in MPA, 2014). Daí a ideia da elevação de consciência do povo brasileiro.

Ainda sobre a análise da produção nacional de pescado, entre os estados brasileiros, o Maranhão se destaca, assumindo, o 3º lugar no ranking nacional, com produção total de 102.868,2 toneladas, representando 7,2% da produção nacional, e o 1º lugar da região Nordeste, seguido de perto pelo Estado da Bahia, com 102.052,7 toneladas e, de longe, pelo 3º lugar da região, o Estado do Ceará, com 98.256,8 toneladas, segundo o Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura (MPA, 2011).

Desde 1992 Stride já atribuía o destaque dado ao Estado do Maranhão, em relação à produção de pescado, pela presença de muitos requisitos indispensáveis para essa atividade, como uma costa litorânea, recortada, de 640 km, um grande volume de águas, uma vasta e rasa Plataforma Continental, temperaturas relativamente constantes e adequadas, além de grandes

quantidades de substâncias em suspensão, trazidos pelos rios e servindo de alimentos para os peixes.

Figura 1 - Consumo alimentar mundial per capita por carne e por peixe.



Fonte: FAO (2014).

Apesar do potencial estatístico destacado anteriormente, e assim como quase todos os estados brasileiros, o Maranhão também apresenta a maioria da sua produção anual (98,4%) proveniente do setor artesanal (ESTATPESCA, 2007), o que confirma a atividade de pesca do estado como sendo executada através de equipamentos e técnicas primitivas de extração, característica do modo artesanal de exploração. E pior, sem os investimentos cabíveis em sustentabilidade e organização do setor, o que tem provocado o declínio de alguns recursos pesqueiros acarretando em grandes impactos para as populações naturais, para os pescadores, e ainda, alterações consideráveis nos ecossistemas aquáticos (SANTOS, 2006). Somado a isso, tem-se a captura acidental ou incidental (*bycatch* em inglês), que é a captura de espécies de peixes que não as espécies alvo, que contribuem para o agravamento do problema em todo o mundo, e de modo especial no Estado do Maranhão. Um estudo de 2009 revelou que, para cada 10 toneladas de peixes que eram objeto da captura e foram capturadas pela pesca comercial, outras quatro toneladas foram capturadas e descartadas (CBD, 2012).

A corrida para a pesca e os problemas enfrentados por pescadores artesanais ainda é mais elevado no Maranhão, devido, às condições naturais propícias citadas acima por Stride, tais como, costa extensa e grande contribuição de rios, bem como pela quantidade de materiais em suspensão presentes nesses rios, além da contribuição em matéria orgânica produzida pela larga faixa de manguezais que caracterizam o Estado do Maranhão, propiciando assim, alta

produtividade, levando a uma grande procura pela atividade relativamente simples e de baixo custo. Juntando tudo isso, aos índices alarmantes nas esferas social e econômica do Estado, está formado um casamento perfeito para a prática da economia informal em larga escala, com baixa organização, exigindo baixa ou nenhuma escolaridade, como é, em grande parte, o caso da pesca artesanal desenvolvida em sua maioria pelos menos afortunados.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) apontam que a população maranhense é de 6.574.789 milhões de habitantes, dos quais, aproximadamente, 3.706.866 milhões (56,38%), vivem em estado de pobreza (IBGE, 2010). Além disso, segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio (PNAD-Segurança Alimentar) de 2013, 9,8% da população vivem em estado de insegurança alimentar grave (IBGE - PNAD, 2013).

Além de ser reconhecido como uma fonte de renda direta de parte representativa da população brasileira, e do Estado do Maranhão em particular, é sabido que o pescado é um alimento de extrema importância na dieta dos indivíduos por sua riqueza de nutrientes. Desde 2000, Martin *et al.* e depois, em 2005, Vila Nova *et al.* já afirmavam ser a carne dos peixes, de maneira geral, conhecida por seu alto valor nutricional devido ao seu alto teor proteico, ter lipídios de excelente qualidade (das séries ômega 3 e 6) e com baixos níveis de gorduras totais, saturadas e colesterol, e ainda possuir altos teores de ácidos graxos poli-insaturados e minerais como cálcio, fósforo, sódio, potássio e magnésio (MARTIN *et al.*, 2000); (VILA NOVA *et al.*, 2005).

Segundo a OMS, o pescado é a proteína animal mais saudável e consumida no mundo e os brasileiros, em média, chegam a consumir 14,50 quilos por habitante /ano de acordo com o levantamento feito em 2013, ultrapassando o consumo mínimo de pescado recomendado pela OMS que é de 12 quilos por habitante/ano (aproximadamente 250 g de peixe por semana), (FAO, 2013).

Apesar de reconhecida a importância do pescado, pouco se conhece sobre as espécies e a sustentabilidade dos recursos, não havendo até o momento, estimativas do rendimento máximo sustentável para a maioria dos recursos pesqueiros do Estado.

Sem um estudo detalhado do histórico da pesca na região, das formas atuais de uso e gestão dos recursos pesqueiros, e uma caracterização detalhada das modalidades da pesca, sob o ponto de vista ecológico, econômico e social, não será possível a adoção de políticas adequadas para desenvolver o setor. O estudo dos acertos e insucessos na gestão pesqueira do passado e da situação atual dos recursos e das comunidades de pescadores nos permitirá conhecer melhor os problemas e sugerir soluções mais apropriadas.

Alguns recursos pesqueiros maranhenses, à exemplo da *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp e *Prochilodus lacustris*, dentre outras, por apresentarem alto valor comercial, vêm apresentando um crescente aumento na pressão de pesca, assim como para algumas espécies que compõem a “fauna acompanhante”. Nesse contexto, urge a necessidade de se conhecer o que existe sobre a biologia dos principais recursos pesqueiros, evidenciar e sanar lacunas, visando à aplicação de um amplo programa de investigação e avaliação de estoques.

3.2 Caracterização da Área

3.2.1 A Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru

Os recursos hídricos do Estado do Maranhão ocupam posição de destaque em relação a Região Nordeste do Brasil, no contexto da Política Nacional de Recursos Hídricos (ANA, 2006). O Estado está compartilhado em três Regiões Hidrográficas, sendo elas: Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, Região Hidrográfica do Parnaíba e Região Hidrográfica do Araguaia – Tocantins.

O Rio Itapecuru está inserido na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, conforme exemplificado na Tabela 3, sendo de domínio estadual, já que seus limites se iniciam e terminam exclusivamente dentro dos limites do Maranhão.

De acordo com o IBGE (1998), a bacia hidrográfica do Rio Itapecuru situa-se na parte centro-oeste do estado do Maranhão, entre as coordenadas de 2°51’33’’ a 6°52’22’’ Latitude S e 43°02’49’’ a 45°58’57’’ Longitude W, conforme a Figura 2.

Abrange uma área de 53.216,84 km², sendo a segunda maior bacia hidrográfica do Estado do Maranhão. O Rio Itapecuru, curso principal da bacia, nasce no sul do Estado no sistema formado pelas Serras da Croeira, Itapecuru e Alpercatas, em altitude de aproximadamente 530 m, desaguando na Baía do Arraial, depois de percorrer cerca de 1.050 km, a Sudeste da Ilha do Maranhão, na forma de dois braços de rios denominados: Tucha e Mojó (NUGEO, 2011).

Limita-se ao sul e leste com a bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, por meio da Serra do Itapecuru, Chapada do Azeitão e elevações; a oeste e sudoeste com a bacia do Rio Mearim; e a nordeste com a bacia do Rio Munim (IBGE,1998). Conforme observado na Tabela 3, as

condições morfológicas das regiões que atravessam o rio, o classificam em alto, médio e baixo curso (MEDEIROS, 2001; ALCÂNTARA, 2004).

Esta bacia hidrográfica ocupa parcela do território de 57 municípios, envolvendo população de 1.019.398 habitantes (NUGEO, 2011). A densidade demográfica corresponde a 19,16 hab./km², equivalendo-se à densidade demográfica estadual (IBGE, 2015). Os principais núcleos urbanos existentes na bacia resultam do processo histórico da ocupação territorial determinada por atividades econômicas primário-exportadoras (IBGE, 1998).

Tabela 3 - Descrição das bacias hidrográficas inseridas na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Itapecuru.

Regiões Hidrográficas (PNRH/MMA-ANA, 2006)	Regiões Hidrográficas do Maranhão	Área (km²)	% sobre a área estadual
Domínio Estadual			
Região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental	Sistema hidrográfico do Litoral Ocidental	10.226,22	3,08
	Sistema hidrográfico das Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09
	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	99.058,68	29,84
	Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru	53.216,84	16,03
	Bacia Hidrográfica do Rio Munin	15.918,04	4,79
	Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu	14.149,87	4,26
	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	7.756,79	2,34
	Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças	6.707,91	2,02
	Bacia Hidrográfica do Rio Peria	5.395,37	1,62

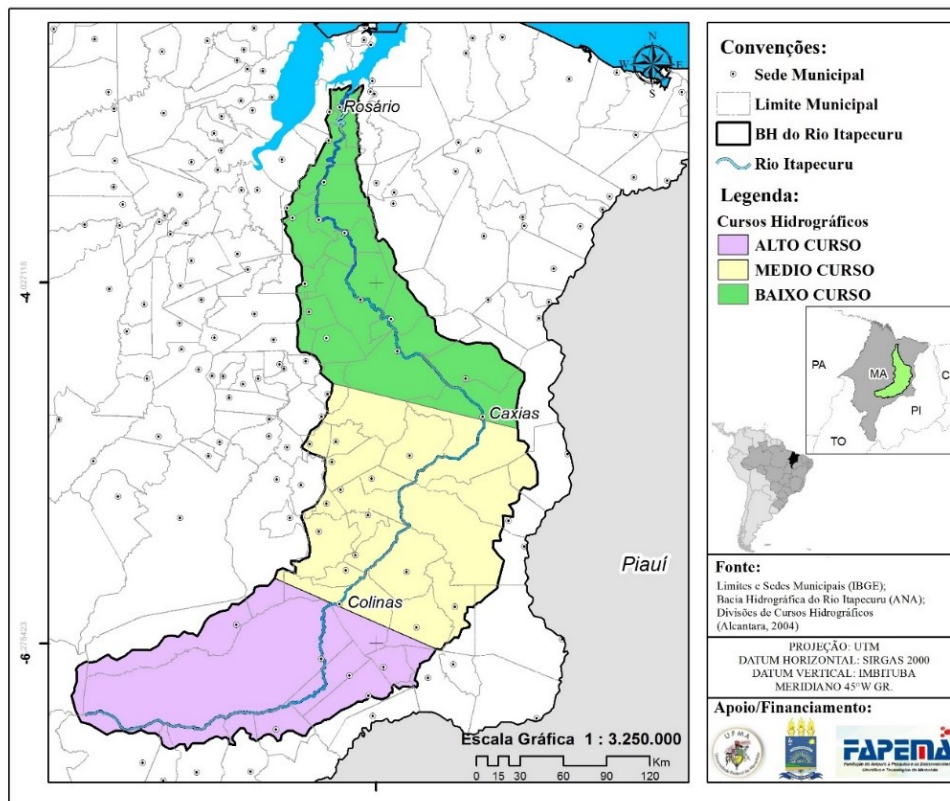
Fonte: NUGEO (2011).

Baixo Curso do Rio Itapecuru

Para Medeiros (2001), o Baixo Curso do Rio Itapecuru compreende o trecho que se estende do Município de Caxias até a foz do Itapecuru, na Baía do Arraial, com uma extensão de aproximadamente 360 km. O desnível total ao longo desse trecho é de 50 m, atingindo declividade média de aproximadamente 14 cm/km e largura de até 130 metros (Figura 2).

São encontradas no Alto Curso do rio, altitudes próximas dos 600 metros. À medida que se aproxima da foz gradativamente o relevo vai se aplainando e no baixo curso do rio, especialmente, próximo às Cidades de Rosário, Bacabeira e Santa Rita a máxima altitude é de 50 metros. O relevo aplainado facilita que em períodos de alta precipitação as margens sejam encharcadas e em alguns pontos cobertas por água.

Figura 2 - Localização da Bacia hidrográfica do Rio Itapecuru, e sua divisão morfológica em alto, médio e baixo curso.



Fonte: Adaptado de Alcântara (2004).

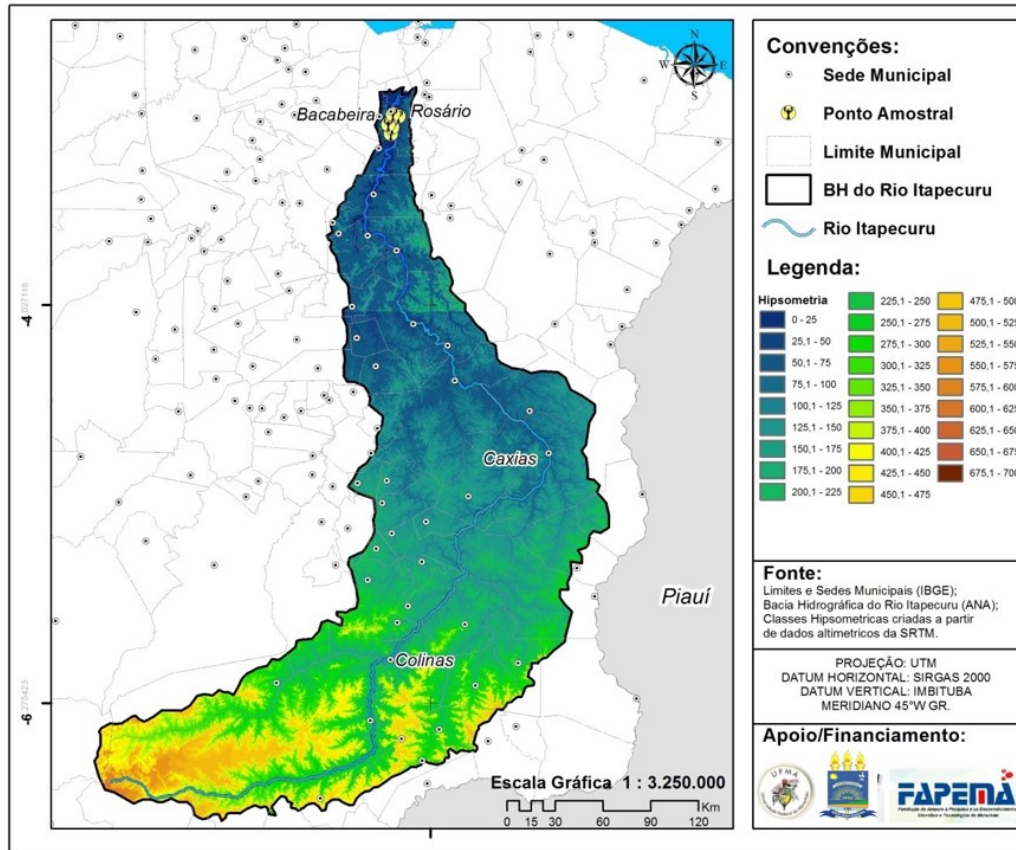
Baixo Curso do Rio Itapecuru

Para Medeiros (2001), o Baixo Curso do Rio Itapecuru compreende o trecho que se estende do Município de Caxias até a foz do Itapecuru, na Baía do Arraial, com uma extensão de aproximadamente 360 km. O desnível total ao longo desse trecho é de 50 m, atingindo declividade média de aproximadamente 14 cm/km e largura de até 130 metros (Figura 3).

São encontradas no Alto Curso do rio, altitudes próximas dos 600 metros. À medida que se aproxima da foz gradativamente o relevo vai se aplainando e no baixo curso do rio, especialmente, próximo às Cidades de Rosário, Bacabeira e Santa Rita a máxima altitude é de

50 metros. O relevo aplainado facilita que em períodos de alta precipitação as margens sejam encharcadas e em alguns pontos cobertas por água.

Figura 3 - Mapa de Hipsometria da bacia do Rio Itapecuru.



Fonte: Leonardo Soares.

No BCRI, devido às menores declividades a velocidade do fluxo é mais lenta, caracterizando-o como um rio de planície. No período de estiagem, ocorre intensa ocupação das margens do Itapecuru pelos pequenos agricultores rurais, a jusante de Caxias. Essa preparação das terras envolve não só a remoção da mata ciliar, como seu destino para o leito do rio, o que acaba contribuindo para o assoreamento do canal. Somente as margens rochosas constituídas de lajes não são erodidas (SILVA E CONCEIÇÃO, 2011).

No Baixo Curso do Rio Itapecuru, ocorre a captação de água que abastece a Cidade de São Luís, por meio do sistema ITALUÍS (Figura 4). Na sua foz, dependendo do volume de precipitações concentradas no período chuvoso, podem ocorrer a inundação das sub-bacias hidrográficas marginais, causando transtornos às comunidades locais (Figura 5).

Figura 4 - Sistema de Captação de Água Italuís, localizada no Baixo Curso do Rio Itapecuru.



Fonte: Leonardo Soares.

Figura 5 - Planície de Inundação do Rio Itapecuru durante o período chuvoso do ano de 2009. (A) corresponde a SBH-2 e (B) corresponde a SBH-10.

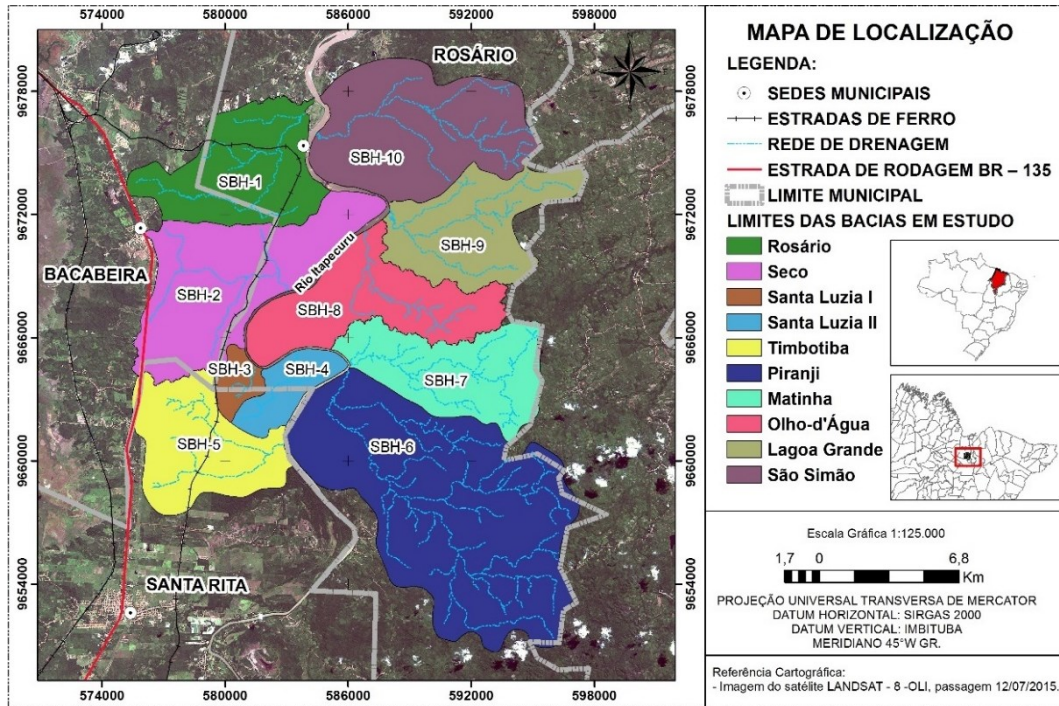


Fonte: Leonardo Soares.

O trecho onde foram capturados os espécimes da ictiofauna situa-se na zona de influência dos municípios de Bacabeira, Rosário e Santa Rita que possuem populações, respectivamente, de 16.553, 41.694 e 35.980 habitantes. A área geográfica compreende 615,58 km² em Bacabeira, 685 km² em Rosário e 706,4 km² em Santa Rita (IBGE, 2015). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), referente ao ano de 2000, corresponde a 0,629 para Bacabeira, 0,632 para Rosário e 0,609 para Santa Rita (ATLAS BRASIL, 2013).

Geograficamente, estes municípios ficam a cerca de 50 km de São Luís, capital do Estado do Maranhão, tendo como principais acessos as rodovias BR-135 e BR-402, que interligam os municípios citados a capital do Estado, e apresentam importantes sub-bacias hidrográficas (Figura 6).

Figura 6 - Mapa de localização das sub-bacias hidrográficas do baixo curso do Rio Itapecuru.



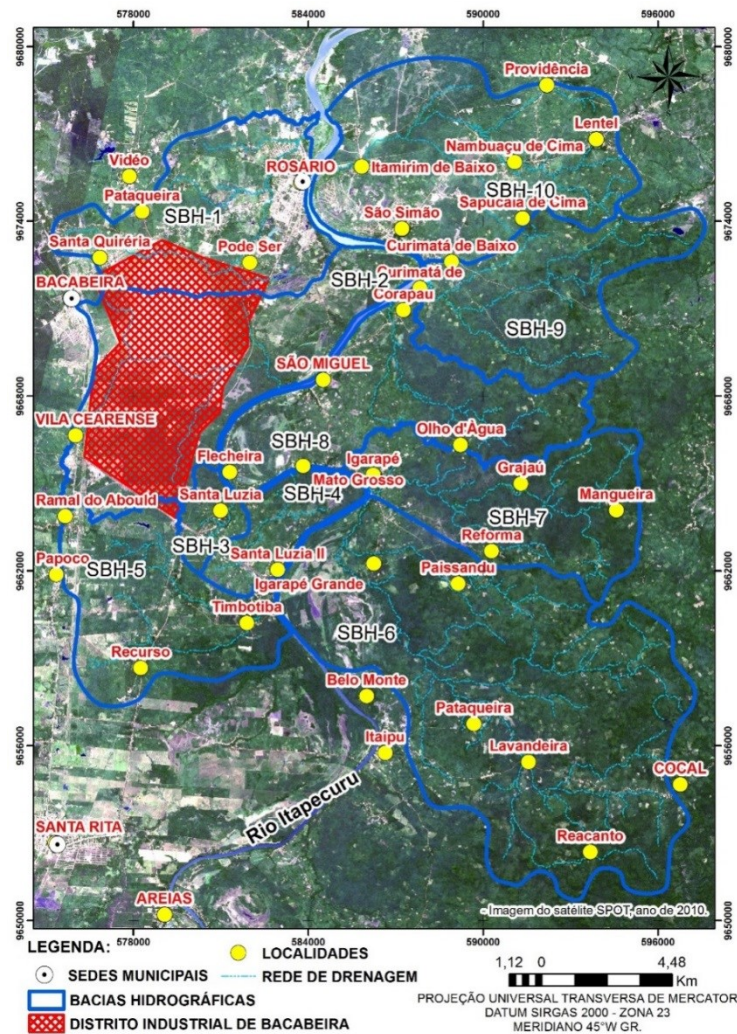
Fonte: Leonardo Soares.

O Município de Rosário foi fundado em 15 de julho de 1802, a navegabilidade pelo Rio Itapecuru através da Baía de São José, foi decisiva para que o baixo vale do Itapecuru iniciasse a sua ocupação a partir de Rosário. O solo fértil e especialmente, a recomendação da Coroa Portuguesa para que se desenvolvesse a agroindústria canavieira, contribuíram para que dois engenhos de produção de açúcar ali se instalassem, enquanto a vegetação nativa era devastada para o plantio dos canaviais. Quando a ferrovia chegou, a ocupação urbana desenvolveu-se no sentido desta, alongando paralela aos trilhos e depois em travessas entre o trilho e o rio. Em seguida, a construção da BR-135 e da MA-402, criam um anel, e é nesse anel que começa a surgir um novo aglomerado, a atual Bacabeira. Atualmente a cidade vive economicamente do funcionalismo público, do comércio varejista e de outras atividades graças a sua condição de cidade mais desenvolvida dos Baixos Vales do Munim e do Itapecuru (FSADU, 2008a).

Em Bacabeira, o início da ocupação começou entre os anos de 1932 e 1935, quando surgiram as primeiras comunidades. Posteriormente, na década de 1940, com o surgimento da BR-135, ocorreu a atração de rurícolas espalhados nas imediações que para ali mudaram. Com o desenvolvimento dos aglomerados, as lideranças políticas da região colaboraram para que em 1990 fosse feito um plebiscito, do qual resultou a criação do município através da Lei nº 6187 de 10 de novembro de 1994, desmembrando-o do município de Rosário (FSADU, 2008a).

O processo de ocupação de Santa Rita se iniciou em 1890. Por não estar localizado numa área ribeirinha, o povoado tinha dificuldade de comunicação, razão por que inicialmente não se desenvolveu. Entre 1910 e 1930 foi construída a estrada de ferro São Luís/Teresina, que embora não passasse pelo povoado facilitou a comunicação através da mesma. Na década de 1940, com a construção da BR 135, o município foi atravessado pela rodovia, provocando um certo crescimento dada a migração de novos moradores. O movimento cada vez mais dinâmico da rodovia 135 e a oferta de serviços oferecidos pela cidade, tais como saúde, educação e transporte favoreceram a que o município crescesse e a sua sede municipal se expandisse, extrapolando as proximidades da rodovia, onde começou a sua organização urbana (FSADU, 2008a). Observa-se, ainda, na área estudada, um território misto, com espaços divididos de forma desigual distribuídos em áreas urbanas, áreas industriais, áreas rurais, bairros, sede municipal, áreas de populações tradicionais (Figura 7).

Figura 7 - Situação da área estudada em relação as sedes dos municípios, comunidades e Distrito Industrial do BCRI.



Base de dados: IBGE (2010a).

Por se tratar de uma região com tendências de aproximação econômica com a Cidade de São Luís, impõe-se um afastamento entre a realidade histórica vivida pelas comunidades locais, que é voltada principalmente ao setor primário (atividades de subsistência), com a presença do setor industrial nos municípios de Bacabeira e Rosário. As comunidades mais distantes da sede municipal apresentam peculiaridades quanto aos modos de vida, vivem de maneira tradicional e possuem diversas ligações históricas e socioeconômicas com o território. Dependem da agricultura de subsistência e da utilização dos recursos naturais para sobreviver (Figura 8 e Figura 9).

Figura 8 - Modo de vida das comunidades do BCRI. (A) Casa de taipa na localidade. (B) Área utilizada para agricultura de subsistência.



Fonte: Leonardo Soares.

Figura 9 - Utilização de recursos naturais pelas comunidades que vivem nas SBHs do BCRI.



Fonte: Leonardo Soares.

3.3 Qualidade da Água do Rio Itapecuru

Apesar dos melhoramentos na eficiência do uso da água em muitos países desenvolvidos, a demanda pela água doce tem continuado a crescer na medida em que a população mundial e a atividade econômica têm se expandido. Nas últimas décadas quadruplicou a retirada de água doce dos rios, lagos, reservatórios, aquíferos subterrâneos e outras fontes. Aumentos na irrigação e em menor extensão, o uso industrial da água tem sido as maiores fontes desta demanda de crescimento. Ao mesmo tempo, contaminação por poluentes tem degradado seriamente a qualidade da água, diminuindo efetivamente o suprimento de água em condições satisfatórias de uso.

Dados sobre disponibilidade, consumo e nível de degradação (poluição, eutrofização artificial, salinização) da água doce serviram de base para que organizações internacionais como a Organização das Nações Unidas (ONU), a Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) e Comunidade Europeia identificassem a sua escassez como principal fator controlador do desenvolvimento social e econômico da humanidade no século atual.

Neste quadro crítico em que o gerenciamento da crise será vital, destaca-se o importante papel das bacias hidrográficas como referencial nas tomadas de decisões para formulação de políticas públicas, planejamento e de gestão territorial. Com isso, a preocupação em conciliar desenvolvimento econômico e preservação ambiental nas últimas décadas fez crescer a demanda de projetos, planos e estratégias que integrem os diferentes agentes físicos, econômicos e sociais, que atuam no meio, em vista da intensa modificação e degradação ambiental gerada pelo homem no atual momento.

A aplicação dos instrumentos da Política de Recursos Hídricos no Estado do Maranhão tem contribuído para a mudança do comportamento da sociedade. Fato notório é o aumento da conscientização de que a água é um bem precioso e tem valor econômico. Além de promover a proteção do meio ambiente e do capital natural, os instrumentos colaboram para a mitigação de conflitos pelo uso da água e promovem o desenvolvimento sustentável no âmbito da bacia hidrográfica. Isto pode ser evidenciado através dos esforços na criação e consolidação dos Comitês das principais Bacias Hidrográficas representadas pelas bacias do Itapecuru, Mearim e Munim.

A gestão dos recursos hídricos tem nas bacias hidrográficas uma estratégia que visa proteger e restaurar a qualidade ambiental e, conseqüentemente, os recursos naturais. Esta abordagem baseia-se na constatação de que muitos dos problemas de qualidade e quantidade

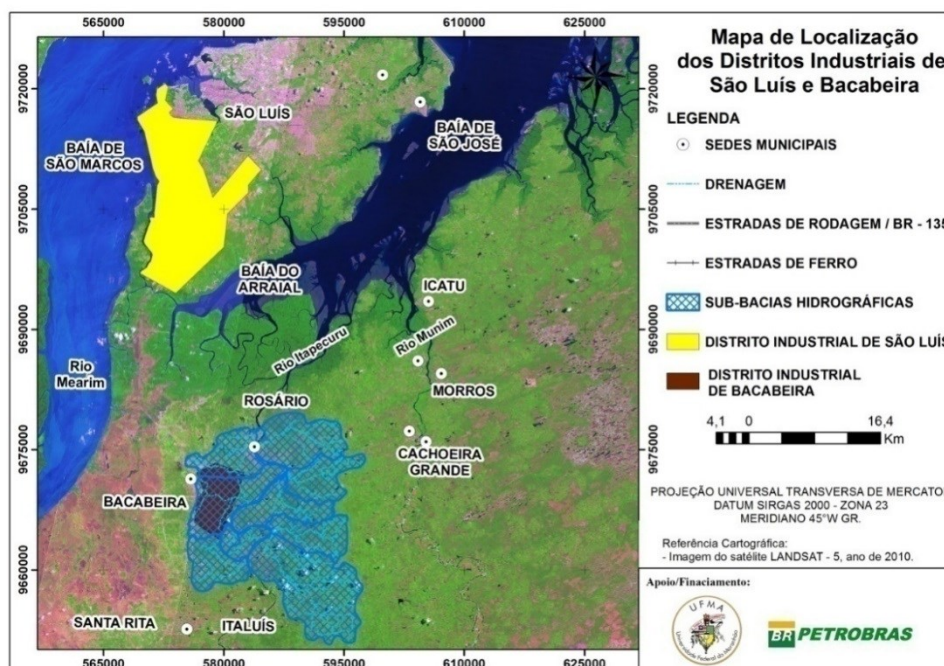
de água podem ser evitados ou resolvidos de maneira eficaz por meio de ações promovidas no contexto da bacia hidrográfica, considerando-se também, as atividades desenvolvidas em sua área de abrangência (SANTOS, 2004; TUNDISI E MATSUMURA-TUNDISI, 2008).

Estudos indicam o elevado potencial das bacias hidrográficas brasileiras e recomendam a sua utilização como unidade fundamental de análise, planejamento e gerenciamento ambiental (TEODORO *et al.*, 2007; PORTO E PORTO, 2008; AHER *et al.*, 2014; RATHA E AGRAWAI, 2015).

Entretanto, nas bacias hidrográficas do Estado do Maranhão, as atividades antrópicas são praticadas sem o devido planejamento e os recursos naturais estão sendo explorados e degradados. O crescimento das cidades e das atividades econômicas, que comumente ocorrem de maneira desordenada, potencializam a supressão das áreas verdes, os processos erosivos, a deterioração da qualidade da água e a ampliação das áreas de risco. Tal cenário reflete diretamente na qualidade de vida das pessoas, especialmente aquelas de menor poder aquisitivo e que vivem de subsistência dos recursos naturais (SOARES, 2016).

Neste cenário, encontram-se as Sub-Bacias Hidrográficas (SBHs) do Baixo Curso do Rio Itapecuru (BCRI), especialmente as localizadas nos municípios de Bacabeira, Rosário e Santa Rita. De acordo com a Secretaria de Indústria e Comércio do Estado do Maranhão (SEINC, 2015), existe a perspectiva para implantação de dois Distritos Industriais, sendo um localizado em Bacabeira (64,64 hectares) e outro em Rosário (81,5 hectares) (Figura 10).

Figura 10 - Mapa de localização dos Distritos Industriais e das SBHs do BCRI.



Fonte: Leonardo Soares.

Devido a saturação de empreendimentos e limitação de áreas para novos projetos no Distrito Industrial de São Luís, associado a ampliação do modal de transporte rodoviário, ferroviário e portuário que conecta estes distritos, além da disponibilidade de água do rio Itapecuru, constituem motivações suficientes para atrair a chegada de novos empreendimentos na região do BCRI.

A ausência de planejamento ambiental integrado nestas SBHs, associado ao crescimento demográfico e a ampliação das atividades econômicas, geram riscos aos recursos naturais e podem degradar os ecossistemas associados, ampliando a possibilidade de surgimento de áreas de vulnerabilidade e de conflitos socioambientais.

Esta situação foi iniciada entre os anos de 2009 e 2012 com o início das atividades de implantação de um grande empreendimento do setor petroquímico no município de Bacabeira. Neste período, ocorreu a terraplenagem de uma área de 25 km² na sua poligonal (Figura 11), ocasionando perdas significativas da vegetação original, nas formas de uso e cobertura da terra, alterações nos padrões de drenagem e depreciação da qualidade da água dos corpos hídricos da sua área de influência.

Figura 11 - Atividades de terraplenagem para implementação de empreendimento petroquímico no Município de Bacabeira.



Fonte: Leonardo Soares.

Ressalta-se que o processo de implantação do empreendimento, após o término das atividades de terraplenagem, foi cancelado pelo empreendedor. Porém, seus impactos socioambientais foram gerados e não se restringiram ao município de Bacabeira, e sim, ao longo do BCRI. Apesar da desistência do projeto petroquímico, a sua área de implantação constitui o

Distrito Industrial do município de Bacabeira e, devido ao processo de terraplenagem e respectiva atribuição do ônus socioambiental ao primeiro empreendimento, a área tornou-se um atrativo de médio e longo prazo para o estabelecimento de outros investimentos industriais.

Contudo, este cenário pode causar alterações em todas as sub-bacias hidrográficas situadas no Baixo Curso do Rio Itapecuru, com o advento de possíveis modificações nas dinâmicas sociais, econômicas e ambientais. Neste trecho do Rio Itapecuru, ocorre o processo de captação de água, que supre aproximadamente 60% do abastecimento da Cidade de São Luís (IMIRANTE, 2015). As áreas costeiras associadas ao ambiente são ocupadas por diversas espécies de peixes de valor comercial, além de apresentarem um mosaico de ecossistemas de extrema relevância ambiental, como: manguezais, estuários, várzeas de maré e matas ciliares, dentre outros. Associado a esta riqueza de recursos naturais, convivem comunidades tradicionais (quilombolas, ribeirinhas e litorâneas), que utilizam os recursos pesqueiros do rio Itapecuru para suas subsistências.

3.4 Sobre as Principais Espécies de Peixes

Figura 12 - A Espécie *Plagioscion squamosissimus*.



Fotos: PIORSKI, N. M. - Novembro/2012.

Nome científico: *Plagioscion squamosissimus*

Família: Sciaenidae

Nomes populares: Corvina, Pescada-Branca, Pescada-do Piauí/Freshwater Croaker.

Descrição: Peixes de escamas; corpo denso, moderadamente elevado, coloração prata azulada, boca oblíqua, com um grande número de dentes recurvados e pontiagudos. Possui dentes na faringe e a parte anterior dos arcos branquiais apresenta projeções afiadas com a margem interna denteada. Apresentam duas nadadeiras dorsais com espinhos. Não possui nadadeira adiposa. No acasalamento os machos produzem sons bem audíveis, por meio de músculos associados à

bexiga aérea, que age como câmara de ressonância. Pode alcançar mais de 50 cm e atingir até os 4,5 kg.

Distribuição geográfica/ Ecologia / Habitat: *Venezuela, Peru, Guianas, Araguaia-Tocantins e Bacia amazônica, nos rios Amazonas, Negro e Trombetas e ainda no rio Parnaíba, e ainda bacia do alto rio Paraná (TORLONI et al., 1993).* Vivem nas margens de rio e lago. Atualmente introduzida e bem-sucedida no Sudeste, por empresas do setor hidrelétrico, nos reservatórios das bacias do rio Paraná, do Prata e do São Francisco e nos rios e açudes do Nordeste. A família é principalmente marinha, mas possui vários representantes na água doce, sendo o gênero *Plagioscion* o mais comum, vivendo em lugares fundos e de meia água, sedentárias, formando grandes cardumes na porção central de lagos, lagoas, reservatórios, poços e remansos. A primeira maturação sexual ocorre com cerca de 159 mm de comprimento total. O período reprodutivo estende-se de novembro a fevereiro, a desova parcelada, sazonal com picos nos meses de setembro a outubro, ocorrendo preferencialmente em águas costeiras e em fundos com plantas (BREDER E ROSEN, 1966). A fecundação é externa, não realizam migrações e não cuidam da prole (VAZZOLER, 1996). No acasalamento, os machos produzem sons bem audíveis, por meio de músculos associados à bexiga aérea, que age como câmara de ressonância. Apresentam a boca grande e terminal. As maxilas contêm dentes caninos e viliformes, em várias fileiras irregulares. É um *peixe piscívoro*, alimentando-se de outros peixes e camarões, com predominância de um ou outro dependendo do local. A espécie *Plagioscion squamosissimus* é muito apreciada pela carne branca e delicada, por isso tem grande importância comercial.

Figura 13 - A Espécie *Curimata* sp.



Fotos: PIORSKI, N. M. - Novembro/2012.

Nome científico: *Curimata* sp

Família: Curimatidae

Nomes populares: Curimatã, curimatá, branquinha.

Ecologia e Habitat: Tratam-se de uma Família de peixes actinoptérigeos pertencentes à ordem Characiformes. Também são conhecidos como Branquinhas. Em comum, têm o corpo prateado, achatado, mas não fino, com escamas relativamente grandes. São comuns nos açudes, barragens e comumente habitam o fundo de rios de pouca água corrente. São migratórios tróficos com cardumes reprodutivos na cheia, sem cuidado parental, com hábito alimentar herbívoro/detrítivo. Apresenta importância na pesca amadora, comercial e ornamental.

Figura 14 - A Espécie *Prochilodus lacustris*.



Fotos: PIORSKI, N. M. - Novembro/2012.

Nome científico: *Prochilodus lacustris*

Família: Prochilodontidae

Nomes populares: Curimba, Curimbatá

Distribuição geográfica/Ecologia e Habitat: Os membros desta família apresentam larga distribuição geográfica em toda a América do Sul, sendo encontradas nas bacias Amazônicas, do Orenoco, das Guianas, do Nordeste brasileiro, do Paraná, Uruguai e Paraguai, do Leste brasileiro e da Patagônia (MAIA *et al.*, 1999). As espécies do gênero *Prochilodus* são de importância comercial em todas as regiões do Brasil, em especial do Nordeste brasileiro, devido a sua possibilidade de adaptação em diferentes ambientes aquáticos, grande facilidade de fecundação artificial, alta precocidade a prolificidade, regime alimentar e, principalmente pela sua grande aceitação pelos habitantes (MAIA *et al.*, 1999). Indivíduos pertencentes a esta família apresentam o corpo prateado e fusiforme, coberto de escamas. De tamanhos variados, mas em sua maioria de médio porte. A espécie é migratória, realizam longos deslocamentos para a reprodução, com relatos de movimentos de até 43 km diários, e tem alta capacidade em transpor obstáculos (AGOSTINHO *in* LOWE-MCCONNELL, 1999). Estes indivíduos possuem fecundação externa, desova total e numerosos dentes pequenos dispostos em fileira.

Pertence a espécie detritívora, alimentam-se de matéria orgânica e microorganismo associado a lama do fundo de lagos e margem de rios.

Figura 15 - A Espécie *Geophagus surinamensis*.



Fotos: PIORSKI, N. M. - Novembro/2012.

Nome científico: *Geophagus surinamensis*

Família: Cichlidae

Nomes populares: Calambange

Ecologia e Habitat: Segundo Kullader e Nijssen (1989), trata-se de peixes da água doce da ordem Perciformes que se caracterizam por apresentarem o corpo comprimido lateralmente, atingindo até 30 cm de comprimento total. Durante a alimentação levam a boca à areia e filtram os alimentos nela contidos. Sua dieta compreende pequenos invertebrados, matéria vegetal, como sementes, alguns detritos orgânicos e sedimentos.

Figura 16 - A Espécie *Shizodon dissimilis*.



Fotos: PIORSKI, N. M. - Novembro/2012.

Nome científico: *Shizodon dissimilis*

Família: Anostomidae

Nomes populares: Piau, Aracu

Ecologia e Habitat: Os anostomídeos apresentam corpo alongado, nadadeira anal curta, membranas branquiais unidas ao ístimo. Espécies do gênero *Schizodon* são amplamente exploradas pela pesca comercial e de subsistência. Trata-se de peixes com habitat bentopelágico, de água doce, clima tropical, com hábito alimentar herbívoro.

Figura 17 - A Espécie *Ageneiosus ucayalensis*.



Fotos: PIORSKI, N. M. - Novembro/2012.

Nome científico: *Ageneiosus ucayalensis*

Família: Auchenipteridae

Nomes populares: Mandubé

Distribuição/ Ecologia e Habitat: Bacias dos Rios Amazonas, Orinoco, Guianas Paraná – Paraguai. Trata-se de peixes de água doce, pelágicos de clima tropical que se distribuem nas mais diversas bacias hidrográficas da América do Sul. Ocorrem principalmente em águas calmas dos mais diversos cursos fluviais, pântanos ou nas partes inferiores de córregos. Apresentam hábito carnívoro, movimentando-se próximo ao fundo, alimentando-se principalmente de peixes, microcrustáceos, insetos e outros invertebrados (HAHN, FUGI E ANDRIAN, 2004).

Figura 18 - A Espécie *Hypostomus plecostomus*.



Fotos: PIORSKI, N. M. - Novembro/2012.

Nome científico: *Hypostomus plecostomus*

Família: Loricaridae

Nomes populares: Cascudo, Acari-bodó

Ecologia e Habitat: Corpo robusto. O arranjo de dentes, posição da boca, musculatura mandibular e trato digestório longo e bem desenvolvido reportam a uma dieta adaptada ao consumo e aproveitamento de matéria orgânica e inorgânica compartimentada, podendo ser enquadrado na categoria de detritívoro.

O Cascudo é um peixe robusto, sendo sua forma do corpo incomum, com sua barbatana dorsal alta e barbatana caudal em forma de lua. Sua coloração normal é um castanho claro com manchas escuras em forma de listras, fazendo com que pareça um peixe muito escuro. Há também variedades desta espécie em padrão bem escuro. É um dos mais resistentes e mais duradouro de todos os *catfish*, com uma vida média de 10 - 15 anos em cativeiro. São de crescimento rápido, com comprimento indo de 8 a 61 cm, juvenis e adultos respectivamente, embora raramente excedam de 38 cm em criadouros.

Os *Plecostomus*, principalmente os juvenis, são fáceis de cuidar. Eles são noturnos, ficam ativos e se alimentam durante a noite e durante o dia se escondem em pedaços de troncos ou buracos. Eles pulam, por esta razão, em viveiros há que se colocarem telas. São onívoros, se alimentam de algas. Este é um peixe muito comumente usado para se livrar de algas problema em criatórios.

É uma espécie muito amigável, é um peixe bem-humorado, principalmente quando jovens. Os *Plecostomus* juvenis geralmente se dá bem com a maioria dos outros companheiros de tanque, mesmo ciclídeos e outros peixes agressivos. Uma exceção a isso é que podem ficar agressivos, defendendo seu território favorito no viveiro, de outros peixes com exigência de habitat similares aos dele, e se não foram criados juntos.

Deve-se ter algumas cautelas na criação destes peixes. Eles são conhecidos por removerem lodo de outros peixes, quando estes estão dormindo, principalmente os achatados lateralmente como disco e *angelfish* e também outros peixes pequenos. À medida que amadurecem eles também podem tornar-se mais agressivos, assim, é melhor mantê-los isolados em um grande tanque.

3.5 Composição Centesimal de Espécies de Peixes

O conhecimento da composição dos alimentos consumidos é fundamental para se alcançar a segurança alimentar e nutricional. As informações sobre a composição de alimentos são pilares básicos para a educação nutricional, o controle da qualidade dos alimentos e a

avaliação da ingestão de nutrientes de indivíduos ou populações. Por meio delas, autoridades de saúde pública podem estabelecer metas nutricionais e guias alimentares que levem a uma dieta mais saudável. Ao mesmo tempo em que fornecem subsídios aos epidemiologistas que estudam a relação entre a dieta e os riscos de doenças ou a profissionais para a prática clínica. Estes dados podem orientar a produção agrícola e as indústrias de alimentos no desenvolvimento de novos produtos e apoiar políticas de proteção ao meio ambiente e de biodiversidade.

O peixe é um dos alimentos mais importantes na dieta dos humanos devido à alta qualidade em proteína e grande quantidade de nutrientes, além de excelente digestibilidade. Muitas das espécies de peixes têm algum valor de mercado direto ou fazem parte de cadeias alimentares que suportam outros recursos economicamente importantes. Os peixes comumente apresentam proteínas de elevado valor biológico e sua gordura destaca-se pela composição em ácidos graxos de importante valor nutricional para os humanos. Muito embora existam numerosos estudos que têm publicado o perfil de ácidos graxos em várias espécies de peixes de diferentes regiões geográficas, ainda é limitada a quantidade de informações sobre o perfil de ácidos graxos de peixes da Amazônia oriental brasileira.

O consumo de peixes tem sido associado à baixa incidência de doenças cardiovasculares devido ao seu teor de ácidos graxos ω -3 (MÉNDEZ, 1996; HU *et al.*, 1999; SISCOVICK *et al.*, 2000). Embora seja conhecido que a quantidade de ácidos graxos poliinsaturados varia de acordo com a espécie e com a dieta oferecida ou encontrada no ambiente natural, estudos clínicos e epidemiológicos têm sugerido que populações que consomem peixe ou óleo de peixe, a incidência de doenças cardiovasculares tem diminuído (ASCHERIO *et al.*, 1995; ARCHER *et al.*, 1998; SIMPOLUS, 1999; NESTEL, 2000).

A importância nutricional de peixes é em grande extensão associada com as vantagens do perfil de ácidos graxos. Um maior interesse sobre a importância nutricional do consumo de peixes ocorreu após a expansão da nutrição como área de conhecimento, que apresentou as vantagens do peixe como alimento, devido ao seu valor nutritivo, pois representam fontes de proteínas de alta qualidade e boa digestibilidade, lipídios, minerais e vitaminas lipossolúveis, principalmente em relação aos teores de vitaminas A e D (MAURÍCIO, 1962; STANSBY, 1976; LEDERER, 1991; CHANDRASHEKAR E DCOSTHALC, 1993; ISMAIL E IKRAM, 2004; ARANNILEWA *et al.*, 2005).

Embora extremamente variável, a composição química da carne do pescado, particularmente dos peixes, aproxima-se bastante da composição de aves, bovinos e suínos, sendo seu principal componente a água, cuja proporção, na parte comestível, pode variar de

64% a 90% (BADOLATO *et al.*, 1994), seguido pelas proteínas, segundo componente em quantidade, mas o mais importante em qualidade. Sua quantidade varia entre 6% a 28%, segundo Stansby *et al.* (1976), e entre 15% a 20% de acordo com Germano e Germano (2008), e depois pela gordura, de 0,5% a 25% segundo Menezes (2006). Entre os constituintes minoritários dos pescados encontram-se os sais minerais, cujo teor varia de 1,0% a 2,0%, os carboidratos, que no caso dos peixes não chegam a representar 1,0% da sua composição, e as substâncias nitrogenadas não protéicas, sem importância nutricional, que não atingem 0,5% na carne dos peixes frescos (FOOD, 2009).

Contreras-Guzmán (2002) e Lima *et al.* (2012) mencionam que a composição química de um pescado depende de fatores relacionados à espécie e ao ambiente, além da época do ano, quantidade e qualidade do alimento consumido, estágio de maturação sexual, idade e da parte do corpo analisada.

Dentro do aspecto da qualidade protéica do peixe, um estudo sobre implicações nutricionais da qualidade de peixes determinou que estes alimentos contêm níveis de proteínas variando de 6,0% a 28,0%; a proteína de peixe é altamente digerível e rica em metionina e lisina, considerados aminoácidos essenciais, não sendo sintetizados pelo organismo humano e cuja ingestão na dieta é fundamental (STANSBY *et al.*, 1976). A lisina representa mais que 10% da proteína do pescado e mais que o triplo da quantidade encontrada no arroz (2,8%), por esta razão, o pescado é considerado um complemento adequado para dietas monótonas e baseadas em carboidratos, típicas das populações mais pobres do país (SALES, 1988).

Os lipídios de peixes apresentam ácidos graxos contendo de 10 a 24 átomos de carbonos e os peixes de água doce contêm elevadas proporções de ácidos graxos saturados e poliinsaturados (C18), mas baixos teores de insaturados com 20 e 22 átomos de carbono, quando comparados aos lipídios de peixes marinhos (HENDERSON E TOCHER, 1987)

A exigência em ácidos graxos essenciais varia de acordo com a espécie, mas também entre peixes de água doce e marinhos, e pesquisas realizadas demonstraram que peixes de água doce possuem teores de ácidos graxos poliinsaturados relativamente mais baixos que peixes marinhos. Podendo ser essa diferença atribuída ao fato de que os peixes de água doce se alimentam preferencialmente de produtos de origem vegetal, enquanto os peixes marinhos utilizam o zooplâncton, ricos em ácidos graxos poliinsaturados (OSMAN, 2001).

A composição dos lipídios nos tecidos dos peixes também pode ser afetada pela dieta e por outros fatores ambientais, tais como salinidade e localização geográfica. Os lipídios provenientes de organismos marinhos possuem baixa quantidade de óleos saturados (11 a 17%), enquanto que, em média, na carne de suínos o percentual é de 36% e em bovinos de 48% e o

alto teor de ácidos graxos poliinsaturados da série ω (ω 3 e ω 6) presente nos peixes previne a formação do colesterol do tipo LDL (lipoproteína de baixa densidade), (SCHMIDT, 2000).

Apesar de sua diversidade e importância como alimento para populações ribeirinhas muito pouco é conhecido sobre a composição de ácidos graxos de peixes de água doce nos trópicos, considerando os benefícios relacionados à saúde do teor de lipídeos nos peixes (KARAPANAGIOTIDIS *et al.*, 2010).

A composição de aminoácidos essenciais (histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina) no peixe é completa, balanceada e bastante semelhante entre as espécies de água doce e água salgada. Quanto às proteínas da carne dos peixes, a miosina é rica em ácido glutâmico (22,5%), ácido aspártico, lisina, leucina e isoleucina, que juntos perfazem aproximadamente 55% dos aminoácidos totais, podendo variar em função da espécie, tamanho, gênero, habitat e estação do ano, compreendendo, geralmente, cerca de 20% de proteína total. Os ácidos graxos poli-insaturados presentes nos lipídeos de peixes podem reduzir efetivamente o teor de lipídeos no plasma sanguíneo. Entretanto, não se sabe ainda quais as quantidades que devem ser ingeridas para produzir os efeitos desejados (FOOD, 2009).

Segundo estudos epidemiológicos realizados no Japão e na Groelândia, o consumo aproximado de 30g de óleo de pescados por dia pode ser o suficiente para causar efeitos benéficos ao organismo humano, principalmente em moléstias cardíacas (FOOD, 2009).

É recomendada a escolha de peixes com elevado teor de ácidos graxos ω -3, no mínimo, duas vezes por semana, para sentir os seus efeitos benéficos para a saúde. Embora nem todos os peixes sejam ricos nestes componentes, diferentes tipos de peixes ingeridos regularmente podem fornecer quantidades significativas. O Quadro 1 fornece uma visão geral do conteúdo em ω -3 de diferentes peixes e crustáceos (FOOD, 2009).

Quadro 1 - Conteúdo em ω -3/100g de peixes, moluscos e crustáceos.

Espécies	Teor de ω3
Salmão do Atlântico, de viveiro, cozido	1,8
Biqueirão europeu, enlatado em óleo, escorrido	1,7
Sardinha do Pacífico, enlatada com molho de tomate, escorrida, com espinhas	1,4
Arenque do Atlântico, em vinagre	1,2
Sarda do Atlântico, cozida	1,0
Truta arco-íris, de viveiro, cozida	1,0
Imperador, cozido	0,7
Atum branco, enlatado em água, escorrido	0,7
Arinca do Atlântico, cozido	0,5

Espécies	Teor de ômega 3
Peixes chatos (solha e linguado), cozidos	0,4
Alabote do Atlântico e do Pacífico, cozido	0,4
“Tipo bacalhau” (Haddock), cozido	0,2
Bacalhau do Atlântico, cozido	0,1
Mexilhões azuis, cozidos ao vapor	0,7
Ostras ao natural, cozidas	0,5
Vieiras, diversas espécies, cozidas	0,3
Amêijoas, diversas espécies, cozidos em água	0,2
Camarões, diversas espécies, cozidos em água	0,3

Fonte: FOOD (2009).

O conhecimento da composição de alimentos consumidos nas diferentes regiões do Brasil é um elemento básico para ações de orientação nutricional baseadas em princípios de desenvolvimento local e diversificação da alimentação, representando um componente importante no equilíbrio alimentar das comunidades litorâneas.

3.6 Constituintes Minerais em Espécies de Peixes

Os minerais são elementos inorgânicos (geralmente um metal), combinados com algum outro grupo de elementos químicos, como por exemplo, óxido, carbonato, sulfato, fósforo, etc. Porém, no organismo, os minerais não estão combinados desta forma, mas de um modo mais complexo, ou seja, quelados, o que significa que são combinadas com outros constituintes orgânicos, como as enzimas, os hormônios, as proteínas e, principalmente, os aminoácidos.

Como componentes inorgânicos, a carne de peixe é rica em inúmeros minerais, importantes na nutrição humana. Potássio, fósforo, sódio, magnésio, cálcio, ferro, manganês e iodo estão presentes em quantidades apreciáveis (LEDERER, 1991; MENEZES, 2006; STANSBY, 1976).

Esses elementos são necessários para os processos normais da vida, e todos os animais, incluindo peixes, precisam desses componentes inorgânicos. Os peixes podem derivar estes minerais, da dieta, e também da água do ambiente. As concentrações de características e formas funcionais dos minerais precisam ser mantidas dentro de limites estreitos para atividades metabólicas normais e em células tecidos. Isto é facilitado pelos mecanismos homeostáticos que operam no animal, suprimindo as flutuações na ingestão alimentar.

Os minerais são divididos em macro e microminerais. Os macrominerais são aqueles cujas necessidades diárias de um humano adulto chegam a 100mg/dia ou mais como cálcio, fósforo, sódio, potássio e magnésio. Já os microminerais, ou elementos traços, estão

presentes em quantidades mínimas nos tecidos corporais sendo exemplos destes o ferro, o zinco e o cobre, entre outros (MAHAN E ESCOTT-STUMP, 2005).

Com exceção do cálcio e do fósforo, os demais minerais, por serem exigidos em baixas quantidades, são considerados traços na nutrição de peixes. Não somente a deficiência, mas também o excesso de minerais na alimentação pode causar efeitos deletérios ao desempenho e, quando em excesso, os minerais podem ser letais à espécie, causando várias patologias bioquímicas, estruturais e funcionais aos peixes.

O sódio e o potássio estão envolvidos na função de regulação do equilíbrio hídrico normal, equilíbrio osmótico e ácido-básico. Este primeiro também participa na condução do impulso nervoso e na contração muscular e o potássio é também importante na regulação da atividade neuromuscular (MAHAN E ESCOTT-STUMP, 2005).

No Brasil, poucas pesquisas têm sido realizadas com os minerais na nutrição de peixes tropicais. Vários fatores dificultam a condução destes estudos, como, disponibilidade de alimentos purificados, contaminação pelo próprio alimento, dificuldade e custo das análises, disponibilidade dos minerais presentes nos alimentos, entre outros (GONÇALVES *et al.*, 2005)

Além de desempenhar importante função de suplemento alimentar, os minerais são responsáveis pela formação esquelética, manutenção de sistemas coloidais, regulação do equilíbrio ácido-base para compostos biologicamente importantes, tais como hormônios e enzimas (WATANABE, 1997). Deficiências minerais podem causar patologias bioquímicas, funcionais e estruturais que dependem vários factores, incluindo a duração e grau de privação mineral.

A importância fisiológica de minerais é bem documentada para os seres humanos e alguns animais. No entanto, muitos aspectos da ingestão, função e biodisponibilidade de minerais ainda não estão bem compreendidos. Nem todos os elementos traços essenciais para os animais maiores foram descritos em peixes. Informações sobre os requisitos nutricionais dos peixes para os oligoelementos é também fragmentária, especialmente porque muitos só são necessários em quantidades muito pequenas.

Embora os metais traços sejam necessários para o animal em quantidades muito pequenas, geralmente menos do que 100 mg Kg⁻¹ (dieta seca), que são absolutamente necessárias para crescimento normal, se quantidades excessivas de elementos são ingeridas e assimiladas, a toxicidade pode se desenvolver. Por conseguinte, o animal mantém um equilíbrio delicado dos níveis de metais traços no corpo, por integração dos vários parâmetros de absorção, o armazenamento e a excreção.

A disponibilidade biológica de uma substância mineral da dieta é marcada pela eficiência com que o corpo utiliza o mineral dietético. Ela varia de acordo com os alimentos e a composição de uma dieta.

Os minerais são elementos químicos essenciais envolvidos no metabolismo normal de peixes. A informação atualmente disponível é muito desigual, com exceção do zinco e manganês. Os balanços detalhados estão ainda para ser trabalhados e mais a pesquisa tem de ser feita sobre a absorção, disponibilidade e função biológica de muitas minerais. O obstáculo reside no fato de que estes minerais são necessários apenas em quantidades traços e sob condições experimentais, é difícil manter tais quantidades mínimas em dietas formuladas, para além de manter a forma desprovida do elemento de teste.

Dados definitivos sobre os requisitos devem envolver testes sistemáticos sobre as funções metabólicas do mineral. Refinamento dos procedimentos analíticos para elementos ultratraços é justificado, principalmente por causa da grande variação de seus níveis de tecido. Em um sentido mais amplo, as investigações também devem considerar as potenciais causas de rastreamento condicionado A deficiência dos elementos, tais como métodos de processamento de alimentos, interações alimentares, doença condições e distúrbios genéticos. Essas abordagens devem orientar futuras pesquisas sobre minerais traços na nutrição em peixes.

Entre os minerais mais conhecidos, o cálcio e o ferro são os dois participantes mais famosos do grupo dos sais minerais. O corpo humano é composto por 4% a 5% de minerais, sendo que o cálcio responde por metade desse valor. Já o ferro está envolvido em diversas atividades importantes para o organismo, entre elas, o transporte de oxigênio para todas as células (MAHAN E ESCOTT-STUMP, 2005).

Entretanto, os riscos à saúde relacionados ao consumo de peixes contaminados por metais traços têm recebido ampla atenção. Esses elementos são potencialmente acumulados em peixes e transferidos pela cadeia alimentar para humanos, através da alimentação. O nível de absorção depende das espécies de peixes, nível trófico e habitats (DURAN *et al.*, 2014).

O acúmulo de metais pesados no organismo é resultado da diferença entre a absorção e depuração e isso é o fator mais importante na acumulação de metal (CANLI, 2003). A bioacumulação é definida como a transferência para os organismos de determinada quantidade de elementos químicos ou substâncias que se encontram no ambiente (COHEN, 1985). Os processos de biodisponibilidade dependerão do tipo de absorção realizada pelo organismo, do tamanho das partículas ou da fase em que os metais se encontram (dissolvidos ou particulados) (JESUS *et al.*, 2008).

O crescimento populacional associado a urbanização e industrialização têm contribuído decisivamente para o aumento da concentração de metais pesados em ambientes aquáticos (MITIC *et al.*, 2013). A descarga de metais pesados para o ambiente marinho pode romper o equilíbrio biológicos das espécies assim como dos ecossistemas devido a seus efeitos tóxicos, longa persistência, natureza acumulativa e riscos a saúde (EBRAHIMPOUR *et al.*, 2011; RAHMAN *et al.*, 2010).

Nestas circunstâncias o conhecimento de concentrações de metais pesados em peixes é importante tanto com relação à gestão da natureza, como para a saúde humana, funcionando como biomarcadores para indicar a exposição a contaminantes e as condições ambientais dos ecossistemas investigados.

Sequencialmente, nas próximas seções da tese, são apresentados os três artigos científicos elaborados para responder aos objetivos postulados nesta pesquisa.

**4 CAPÍTULO 1: ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DO BAIXO CURSO DO RIO
ITAPECURU, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL**

Artigo aceito em 12 de março de 2016 pela Revista *ESPACIOS digital* (Caracas)

Publicado no Vol 37(14)2016 em maio

www.revistaespacios.com

**Índice de Qualidade de Água do Baixo Curso do Rio Itapecuru, Estado do Maranhão,
Brasil.**

**Water Quality Index of the Lower Course of the Itapecuru River, State of Maranhão,
Brazil**

Leonardo Silva Soares¹; Antonio Carlos Leal de Castro²; Wilza Gomes Reis Loes³; James Werllen de Jesus Azevedo⁴; Heliene Leite Ribeiro Porto⁵

¹ Doutorando em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí – UFPI, Professor de Oceanografia e Limnologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão (leonardo.soares@ifma.edu.br);

² Professor Dr. do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA (alec@ufma.br);

³ Professora Dr^a. do Departamento de Construção Civil e Arquitetura, Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí – UFPI (izalopes@uol.com.br);

⁴ Professor MSc. do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA (jameswerllen@yahoo.com.br);

⁵ Professora Dr^a. do Departamento de Oceanografia e Limnologia da Universidade Federal do Maranhão – UFMA (heliene.porto@ufma.br).

RESUMO

Este artigo objetivou avaliar a qualidade da água do rio Itapecuru, localizado na Região Nordeste do Brasil, entre os meses de abril/2012 e janeiro/2015, por meio do IQA-CETESB. Os resultados revelaram que o rio enquadra-se nas classes “Boa” e “Regular” e que existem diferenças espaciais entre as estações de amostragem. As principais variáveis que contribuíram para redução do IQA foram coliformes termotolerantes, fósforo total, sólidos suspensos totais e turbidez. Suas dinâmicas, provavelmente, estão associados ao lançamento de esgotos da cidade de Rosário, localizada na foz do rio Itapecuru e aos processos erosivos das sub-bacias hidrográficas do entorno das estações amostrais.

Palavras-chave: Monitoramento. Atlântico Ocidental. Qualidade de água. Variação espaço-temporal.

ABSTRACT

This article aimed to evaluate the quality of the water in the Itapecuru River, located in the Northeast of Brazil, between the months of April/2012 and January/2015, through the WQI-CETESB. The results revealed that the river falls in the class "Good" and "Fair" and that there are spatial differences between the sampling stations. The main variables that contributed to reducing the WQI were thermotolerant coliforms, total phosphorus, total suspended solids and turbidity. Its dynamics are probably associated with the dumping of sewage from the city of Rosario, located at the mouth of the river Itapecuru and the erosion of the surrounding sub-basins of the sampling stations.

Keywords: Monitoring. Western Atlantic. Water quality. Spatial and temporal variations.

4.1 INTRODUÇÃO

O conhecimento dos padrões espaço-temporais da qualidade de água dos recursos hídricos continentais são de extrema relevância para avaliação do status de conservação do ambiente monitorado, pois, permitem a identificação de possíveis tensões ambientais e a indicação de estratégias de gerenciamento ambiental, que almejam garantir o equilíbrio entre as demandas da sociedade e os atributos naturais dos mananciais (características físico-químicas, biológicas e ecológicas).

A qualidade da água é um dos fatores mais importantes que devem ser considerados quando se avalia o desenvolvimento sustentável de uma dada região (CÓRDOBA *et al.*, 2010). Dentre as ferramentas de avaliação e monitoramento da qualidade de água, destacam-se os Índices de Qualidade de Água (IQA's).

Estes indicadores objetivam atribuir um único valor para expressar a qualidade hídrica, utilizando um conjunto de variáveis de uma determinada amostra de água. Pode-se, então, comparar a qualidade de diferentes amostras com base nos valores obtidos no índice (ABBASI E ABBASI, 2012).

Para Cardoso e Motta Marques (2006, p. 123) os IQA's buscam:

Revelar a condição ambiental de um determinado recurso hídrico, no tempo e no espaço, utilizando-se uma formulação matemática agregadora. No estabelecimento dos IQA's escolhe-se um grupo de parâmetros físicos, químicos e biológicos (variáveis), que representa, da melhor forma possível, a função que se pretenda dar ao corpo d'água.

A utilização dos IQA's para o monitoramento de corpos hídricos continentais está amplamente difundida na literatura. A pesquisa de Terrado *et al.* (2010) indicou um quantitativo de 55 IQA's. Estes são mensurados em função das características físico-químicas, biológicas e hidro morfológicas do ambiente monitorado.

Apesar de amplamente difundidos na literatura, os IQA's apresentam algumas limitações, como a perda de informação das variáveis de qualidade de água, que são sumarizadas em um único valor, que expressará o nível de qualidade do corpo hídrico sob investigação (LERMONTOV *et al.*, 2009). Entre as vantagens, destaca-se a integração de diferentes variáveis, com distintas unidades de medidas em um único número (SIMÕES *et al.*, 2008; LERMONTOV *et al.*, 2009) e sua capacidade de comunicação intuitiva (FENG *et al.*, 2015).

O IQA adequado deve ser o mais objetivo possível, ter uma boa capacidade de síntese, e ser capaz de alcançar um equilíbrio razoável entre a simplificação da realidade e da complexidade do ambiente (TERRADO *et al.*, 2010). Nesta perspectiva, enquadra-se o IQA da Companhia de Saneamento de São Paulo – CETESB, que foi adaptado a partir do IQA da National Sanitation Foundation (NSF), desenvolvido nos Estados Unidos, no ano de 1970, e utilizado no Brasil desde 1975 (CETESB, 2015). Segundo a ANA (2013), o IQA-CETESB é o índice mais utilizado no país para monitoramento da qualidade de água.

No Brasil, país rico em recursos hídricos, ainda existem algumas lacunas com relação a alguns de seus principais rios. Dentre estes, insere-se o rio Itapecuru, importante contribuinte da Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental. O rio Itapecuru é fonte de água para o abastecimento público de várias cidades do estado do Maranhão, incluindo a capital São Luís. Várias atividades do setor primário vinculadas à agricultura, pecuária e pesca, na região, são totalmente dependentes deste recurso hídrico.

Neste sentido, devido à importância socioeconômica e ambiental do rio Itapecuru, no presente artigo, procurou-se avaliar o status de conservação e as variações espaço-temporais da qualidade de água do baixo curso do rio Itapecuru, por meio do IQA da CETESB, gerando informações para subsidiar o gerenciamento ambiental deste corpo hídrico.

BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPECURU

Os recursos hídricos no Maranhão ocupam posição de destaque em relação ao Nordeste do Brasil, no contexto da Política Nacional de Recursos Hídricos, o estado está inserido em quatro regiões hidrográficas, sendo elas: Região Hidrográfica do Atlântico

Nordeste Ocidental, Região Hidrográfica do Parnaíba, Região Hidrográfica do Araguaia – Tocantins e Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental. O rio Itapecuru situa-se na Região Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental (Tabela 4).

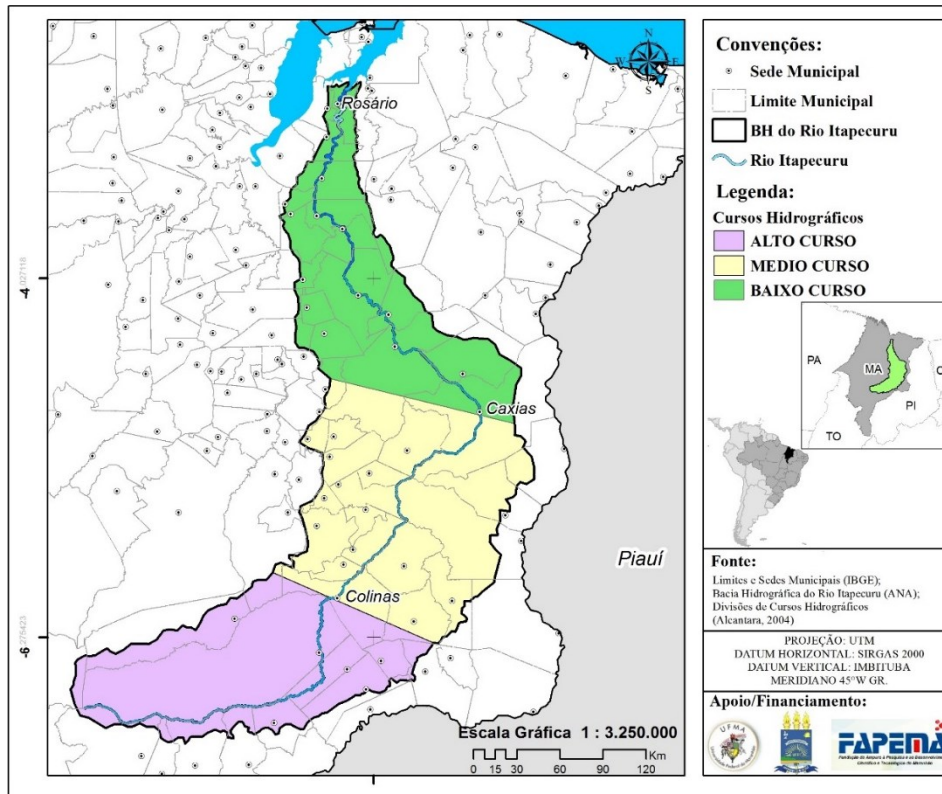
A bacia hidrográfica abrange uma área de 53.216,84 Km², configurando-se como segunda maior do estado. A área de drenagem ocupa parcela do território de 57 municípios e possui uma população de 1.019.398 habitantes (NUGEO, 2011). Segundo Alcântara (2004), devido as diferenças altimétricas da bacia hidrográfica, o rio pode ser classificado em alto, médio e baixo curso (Figura 19).

Tabela 4 - Descrição das bacias hidrográficas inseridas na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental, com destaque para a bacia hidrográfica do Rio Itapecuru.

Regiões Hidrográficas	Regiões Hidrográficas do Maranhão	Área (km²)	% sobre a área estadual
Domínio Estadual			
Região hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental	Sistema hidrográfico do Litoral Ocidental	10.226,22	3,08
	Sistema hidrográfico das Ilhas Maranhenses	3.604,62	1,09
	Bacia Hidrográfica do Rio Mearim	99.058,68	29,84
	Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru	53.216,84	16,03
	Bacia Hidrográfica do Rio Munin	15.918,04	4,79
	Bacia Hidrográfica do Rio Turiaçu	14.149,87	4,26
	Bacia Hidrográfica do Rio Maracaçumé	7.756,79	2,34
	Bacia Hidrográfica do Rio Preguiças	6.707,91	2,02
	Bacia Hidrográfica do Rio Peria	5.395,37	1,62

Fonte: NUGEO (2011).

Figura 19 - Localização da Bacia hidrográfica do rio Itapecuru, e sua divisão altimétrica em alto médio e baixo curso.

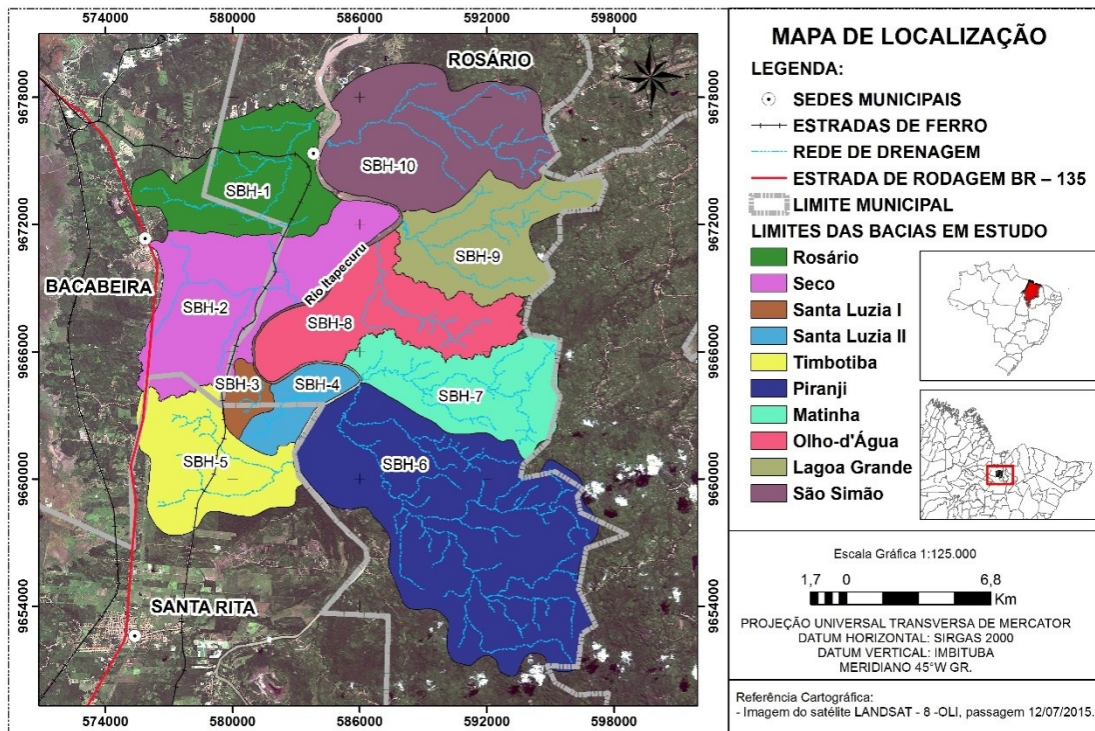


Baixo Curso do Rio Itapecuru

O Baixo Curso do Rio Itapecuru (BCRI) compreende o trecho que se estende desde o município de Caxias até a foz do Itapecuru, na Baía do Arraial, com uma extensão de aproximadamente 360 km (MEDEIROS, 2001). Silva e Conceição (2011) destacam que no Baixo Curso do Rio Itapecuru, devido às menores declividades, a velocidade do fluxo é mais lenta, caracterizando-o como um rio de planície.

A área foco da pesquisa, compreende 35 km do rio que estão na área de influência de dez sub-bacias hidrográficas (SBHs) localizadas no seu trecho inferior, estas totalizam uma área de 421,6 Km² distribuída nos limites dos municípios de Rosário, Bacabeira e Santa Rita. Geograficamente as SBHs estão situadas na microrregião do Itapecuru Mirim, mesorregião Norte Maranhense, a cerca de 50 km de São Luís – Capital do estado do Maranhão, limitada pelas seguintes coordenadas UTM 598658/574822 Leste e 9678715/9653145 Norte (Figura 20). Os principais acessos são as rodovias BR-135 e BR-402 que interligam tais municípios a capital do Estado.

Figura 20 - Localização das sub-bacias hidrográficas do Baixo Curso do Rio Itapecuru.



Os municípios de Bacabeira, Rosário e Santa Rita possuem populações, respectivamente, de 16.553, 41.694 e 35.980 habitantes. Seus domínios territoriais possuem 615,58 km² em Bacabeira, 685 Km² em Rosário e 706,4 Km² em Santa Rita (IBGE, 2015). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) referente ao ano de 2010 corresponde a 0,629 para Bacabeira, 0,632 para Rosário e 0,609 para Santa Rita (ATLAS BRASIL, 2013).

A área apresenta alta relevância ambiental e é habitada por uma diversidade populacional (urbanas, rurais, comunidades quilombolas e ribeirinhas), que possuem características peculiares e desempenham relações socioeconômicas e ambientais que são históricas e peculiares à região. O rio possui grande disponibilidade hídrica, e, apesar de sua importância, observa-se não haver preocupação com relação à preservação e conservação de sua bacia hidrográfica e qualidade de água, visto que, no trecho estudado, verifica-se o despejo indiscriminado de esgotos domésticos e a ocupação irregular das margens.

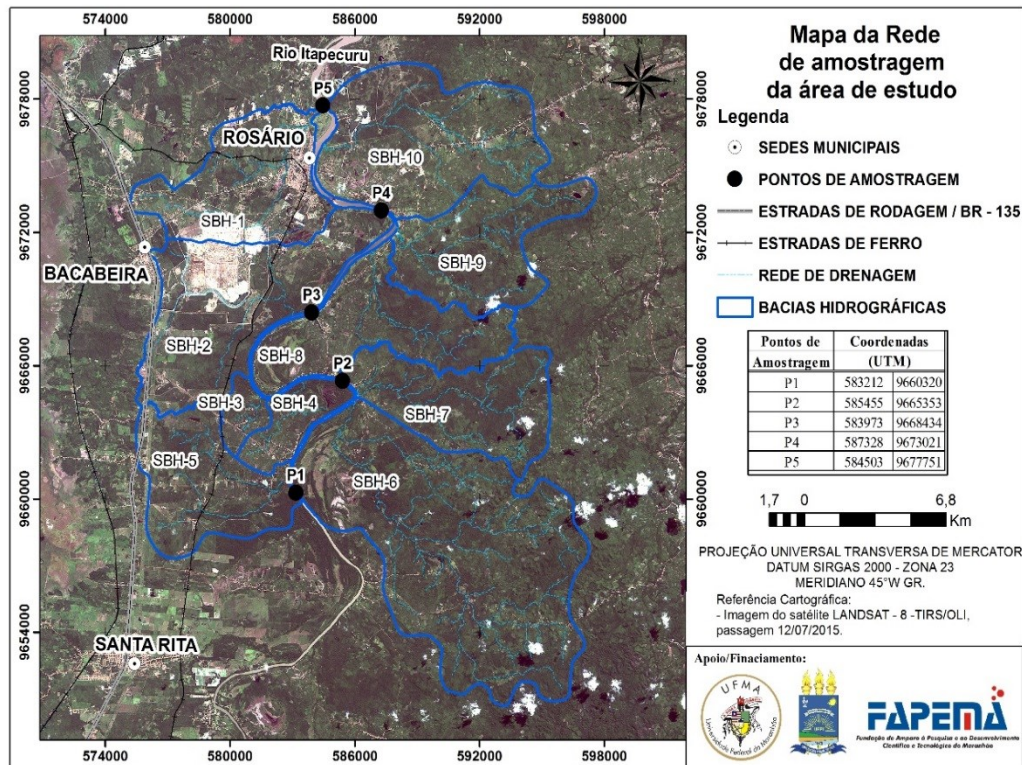
O padrão climático do BCRI, de acordo com o índice climático de Thornthwaite é do tipo úmido (LABGEO, 2002). Os dados climáticos da região (1975-2014) registram uma precipitação média anual de 1.998,8 mm/ano. As chuvas ocorrem em duas estações temporalmente bem delineadas: a chuvosa, que abrange os meses entre janeiro e julho, e a de estiagem, que ocorre entre agosto e dezembro (INMET, 2015).

4.2 METODOLOGIA

4.2.1 Rede de amostragem

Os dados que suportam este estudo foram provenientes de 12 campanhas amostrais, realizadas entre os anos de 2012 e 2015, em 5 estações de monitoramento (P1 a P5), distribuídas ao longo de 35 km do baixo curso do Rio Itapecuru, no espaço compreendido entre o sistema de captação de água da cidade de São Luís (ITALUIS) e a sede do município de Rosário (Figura 21).

Figura 21 - Localização das estações de amostragem no baixo curso do rio Itapecuru.



As estações de amostragem foram distribuídas objetivando indicar possíveis alterações na qualidade da água no sentido montante-jusante do rio (P1 → P5), decorrentes da dinâmica de uso e ocupação do solo das SBHs da sua área de influência.

As coletas obedeceram uma periodicidade trimestral, sendo distribuídas em função da sazonalidade da área de estudo. Foram realizadas 4 amostragens para cada período sazonal, contemplando os seguintes meses: Abril (período chuvoso); Julho (transição entre chuvoso-estiagem); Outubro (período de estiagem); e Janeiro (transição entre estiagem-chuvoso).

4.2.2 Procedimento de coleta

A metodologia de coleta e preservação das amostras seguiu as diretrizes das normas da ABNT NBR 9897 e 9898, que fixam as condições exigíveis para a elaboração e planejamento de amostragem de efluentes líquidos domésticos e industriais, sedimentos e amostras de água de corpos d'água receptores interiores e superficiais. Todas as amostragens e medições realizadas in situ ocorreram no período da manhã (entre 08h00min e 12h00min).

4.2.3 Índice de Qualidade de Água (IQA)

O IQA adotado para classificar a qualidade da água corresponde à metodologia empregada pela CETESB (2015), que utiliza os seguintes parâmetros e respectivos pesos: Oxigênio Dissolvido - OD (0,17), Coliformes Termotolerantes – CT (0,15), pH (0,12), Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO_{5,20°} (0,10), Temperatura – T (0,10), Nitrogênio Total – NT (0,10), Fósforo Total – P (0,10), Turbidez – TU (0,08) e Sólidos Suspensos Totais - SST (0,08).

O IQA-CETESB foi calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros, de acordo com a seguinte equação:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

Em que:

(IQA) = um número entre 0 e 100;

(q_i) = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, em função de sua concentração ou medida;

(w_i) = peso correspondente ao i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade.

A partir do cálculo efetuado foi determinada a qualidade das águas, que é indicada pelo IQA, variando numa escala de 0 a 100. Os indicadores de qualidade da água, a partir do IQA foram: Ótima (80 ≤ IQA ≤ 100), Boa (52 ≤ IQA ≤ 80), Regular (37 ≤ IQA ≤ 52), Ruim (20 ≤ IQA ≤ 37) e Péssima (0 ≤ IQA ≤ 20) (CETESB, 2015).

Os parâmetros físico-químicos temperatura da água (°C), pH e oxigênio dissolvido (mg/L) foram mensurados in situ por meio da utilização de aparelho multiparâmetro HANNA HI 9828. As leituras de turbidez (UNT) foram realizadas com a utilização de turbidímetro HANNA HI 93703.

As demais variáveis de qualidade de água analisadas foram determinadas de acordo com as técnicas do Standard Methods Water and Wastewater (APHA, 2012). As análises das variáveis físico-químicas e biológicas foram realizadas nos Laboratórios de Limnologia e Microbiologia da Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

Para uma melhor interpretação e estabelecimento das tendências de comportamento do IQA, utilizou-se a Análise de Variância (ANOVA), para verificar a existência de diferenças temporais e espaciais entre as amostras de água. Porém, antes da aplicação da ANOVA, utilizou-se o teste de Levene, para avaliar os pressupostos de homocedasticidade das variâncias, norteando a aplicação da estatística paramétrica. Quando os resultados da Análise de Variância indicavam a presença de diferenças significativas ($p < 0,05$), utilizou-se o teste a posteriori de Tukey para identificar quais médias eram diferentes.

Os procedimentos multivariados de ordenação foram efetuados a partir da Análise de Componente Principal (ACP), a qual permitiu compreender a estrutura e as relações entre as variáveis que constituíram o IQA. Para verificação do grau de correlação foi gerado um Biplot entre os componentes 1 e 2, que explicaram a distribuição dos pontos com padrões de resposta e associação entre as variáveis e estações de amostragem.

As avaliações estatísticas foram efetuadas utilizando os pacotes computacionais PALaeontological STatistics (PAST), versão 2.17 (HAMMER *et al.*, 2001) e Statistica 10.0 (STATSOFT, 2010).

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O IQA no Baixo Curso do rio Itapecuru (BCRI) enquadrou a qualidade da água nas classes “Boa” e “Ruim”. Nas estações de monitoramento P1, P2 e P3 todas as amostras foram classificadas como “Boa”. Nos pontos P4 e P5, ocorreram, respectivamente, duas e quatro campanhas em que IQA foi enquadrado como “Ruim”. O melhor nível de qualidade foi evidenciado no P1 no mês de outubro de 2012, totalizando pontuação equivalente a 76,3, enquanto o menor valor, ocorreu no P5 no mês de janeiro de 2015, com a pontuação igual 48,1 (Tabela 5).

Tabela 5 - Pontuação do Índice de Qualidade de Água do Baixo Curso do Rio Itapecuru.

Meses/Estações	P1	P2	P3	P4	P5
Abril 2012	67,4	66,6	60,6	58,3	56,2
Julho de 2012	68,3	69,8	59,8	62,3	54,9
Outubro de 2012	76,3	68,4	63,5	55,9	57

Meses/Estações	P1	P2	P3	P4	P5
Janeiro de 2013	57,7	57,7	60,6	58,9	60,4
Abril de 2013	60	64,9	58,5	57,8	57,8
Julho de 2013	58,1	55,6	60,6	51,7	53,2
Outubro de 2013	54,2	54,6	53	54,8	51,9
Janeiro de 2014	61,6	61,8	61,9	62,9	60,7
Abril de 2014	60,6	61,4	55,5	55,8	54,1
Julho de 2014	60,9	56	59,8	57,1	48,1
Outubro de 2014	63,6	60,4	59,6	51,9	50,2
Janeiro de 2015	69	58	62	65	48,1

Apesar da maioria das amostras estarem classificadas na mesma classe de qualidade da água, a análise espacial entre as cinco estações de amostragem revelou que o nível do IQA diminui no sentido montante→jusante (P1→P5) (Figura 22). Diferenças significativas ($p<0,05$) foram evidenciadas entre os resultados do P5 em relação ao P1 e P2, além do P4 em relação ao P1 (Tabela 6).

Figura 22 - Valores médios do Índice de Qualidade de Água entre as estações P1 e P5 localizadas no Baixo Curso do Rio Itapecuru.

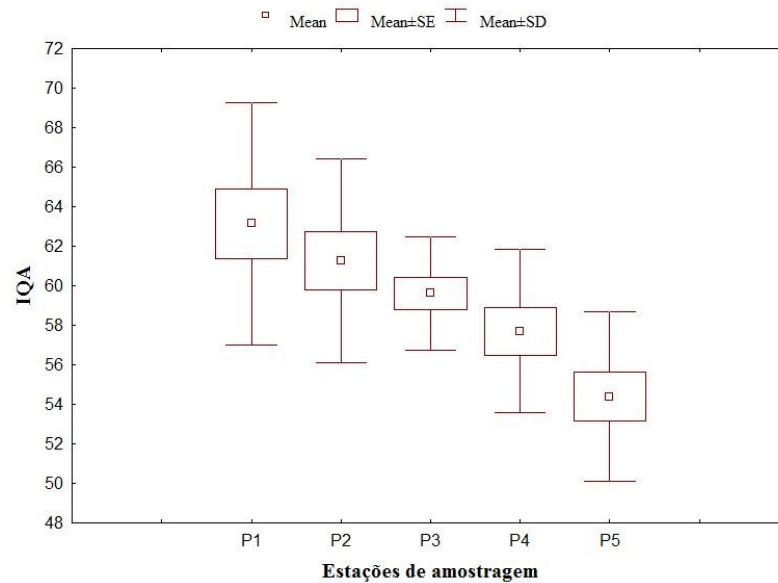


Tabela 6 - Matriz do Teste de Tukey entre o IQA das cinco estações de amostragem do Baixo Curso do Rio Itapecuru.

Estações de amostragem	P2	P3	P4	P5
P1	0,8594	0,3517	0,04438*	0,00034*
P2		0,9067	0,3399	0,00554*
P3			0,8495	0,05812
P4				0,4136

* Diferença significativa ($p<0,05$).

Com relação às variações temporais, o ambiente monitorado não apresentou tendências sazonais entre os 12 meses monitorados (Figura 23).

As análises estatísticas revelaram que, predominantemente, os meses de outubro de 2013 e janeiro de 2014 diferenciaram-se dos demais períodos amostrais (Tabela 7). No mês de outubro de 2013 ocorreram os menores valores do IQA, enquanto no mês janeiro de 2014, o IQA apresentou níveis de qualidade melhores e com pouca variação entre as 5 estações de monitoramento.

Figura 23 - Índice de Qualidade de Água no período compreendido entre abril de 2012 e janeiro de 2015 no do Baixo Curso do Rio Itapecuru.

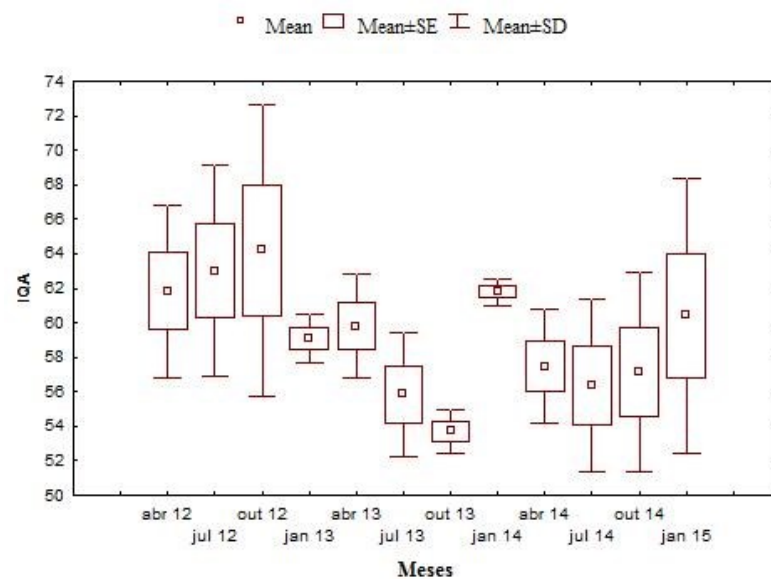


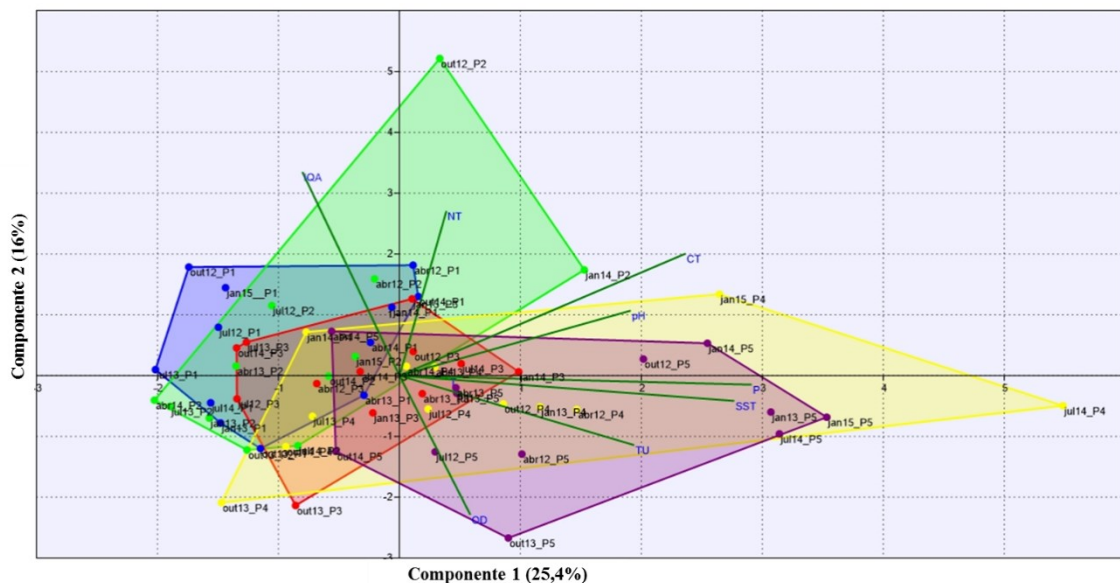
Tabela 7 - Matriz do Teste de Tukey para os valores de IQA nos doze meses de amostragem no Baixo Curso do Rio Itapecuru.

Meses	jan/14	jan/15	abr/12	abr/13	abr/14	jul/12	jul/13	jul/14	out/12	out/13	out/14
jan/13	0,011*	0,402	0,462	0,833	0,599	0,294	0,247	0,402	0,675	0,011*	0,916
jan/14		0,834	0,676	0,142	0,021*	0,834*	0,012*	0,021	0,676	0,012*	0,143
jan/15				0,529	0,296	0,676	0,296	0,249	0,834	0,143	0,530
abr/12				0,529	0,173	0,676	0,074	0,210	0,834	0,012*	0,296
abr/13					0,402	0,402	0,208	0,294	0,834	0,011*	0,834
abr/14						0,210	0,463	1	0,094	0,060	0,834
jul/12							0,094	0,173	0,834	0,012*	0,210
jul/13								0,676	0,094	0,403	0,834
jul/14									0,296	0,143	0,834
out/12										0,012*	0,296
out/13											0,600

* Diferença significativa ($p < 0,05$).

No que tange a dinâmica das variáveis que compõem o IQA, a ACP revelou que os dois primeiros eixos explicaram 41,4% da variabilidade dos dados. As principais variáveis que estão correlacionadas com as variações do IQA foram coliformes termotolerantes, fósforo total e sólidos suspensos totais, seguidos pela turbidez, nitrogênio total e oxigênio dissolvido (Figura 24).

Figura 24 - Análise de Componente Principal entre as variáveis do IQA e estações de amostragem no baixo curso do rio Itapecuru.



Legenda: Pontos vermelhos (estiação: outubro); Pontos azuis (chuvoso: abril); e Pontos verdes (transição: janeiro e julho). Polígono azul (P1), verde (P2), vermelho (P3), roxo (P4) e amarelo (P5).

Assumindo como pressuposto que quanto maior é o conjunto dos valores dos parâmetros que compõem o IQA (exceção para OD), menor será a qualidade da água expressada pelo índice, os resultados, do ponto de vista da componente 1, demonstraram associação inversa do IQA com todos os parâmetros que o compõem. Sendo assim, ressalta-se as variáveis turbidez, sólidos suspensos totais e fósforo total como grandes contribuintes para os padrões obtidos na área de estudo, uma vez que apresentaram relação inversa ao IQA, tanto do ponto de vista da componente 1, como da componente 2. O oxigênio dissolvido, por sua vez, não apresentou o comportamento esperado na sua associação com o índice, devido sua relação inversa ao IQA, em ambos os eixos, provavelmente associado à baixa variabilidade desta variável, durante os registros de campo.

Os parâmetros, coliformes termotolerantes, fósforo total e sólidos suspensos totais apresentaram-se como os mais representativos, enquanto temperatura da água e $DBO_{5,20^\circ}$ expressaram as menores relações com os valores do IQA, para as avaliações ao longo do Baixo Curso do rio Itapecuru.

A ACP revelou que as estações de amostragem situadas a jusante do rio (P4 e P5) estão fortemente associadas com as variáveis fósforo total, sólidos suspensos totais, coliformes termotolerantes, turbidez e pH. Os maiores valores destes parâmetros fizeram com que houvesse uma diminuição significativa na qualidade de água nas estações P4 e P5.

A associação dos coliformes termotolerantes, fósforo total, sólidos suspensos totais e turbidez nas estações de amostragem P4 e P5 está relacionada, principalmente, com o lançamento de dejetos de esgotos domésticos *in natura*, na cidade de Rosário e processos erosivos das sub-bacias hidrográficas da área de influência destas duas estações de amostragem. Com relação ao pH, a principal influência pode ser atribuída à dinâmica da cunha salina da Baía de São José.

Dados semelhantes foram encontrados em estudos em outros locais, como o realizado no rio Ariri, no estado do Pará, por Alves *et al.* (2012), em que o IQA enquadrou o ambiente como “Ruim” e “Péssimo”. Os resultados foram associados principalmente aos elevados níveis de coliformes termotolerantes, as baixas concentrações de oxigênio dissolvido e ao pH ácido do rio. Com relação aos níveis de coliformes termotolerantes os autores relatam que o aumento da concentração está relacionado à contaminação da água por esgoto doméstico.

Na pesquisa desenvolvida por Siqueira *et al.* (2012) no rio Parauapebas, no estado do Pará, o IQA enquadrou o rio na classe “Regular”. A ACP identificou as variáveis oxigênio dissolvido, DBO_{5,20°}, fósforo total e coliformes termotolerantes como as que explicaram 75% na variação do índice.

Melhores condições foram encontradas na avaliação do IQA, do rio Tapajos, no estado do Pará, realizada por Batalha *et al.* (2014), o ambiente foi enquadrado, na maioria das amostras, na classe “Boa” e “Ótima”. A aplicação da ACP demonstrou que as duas primeiras componentes responderam por aproximadamente 67% da variabilidade dos dados e as principais variáveis foram sólidos suspensos totais, turbidez, DBO_{5,20°} e coliformes termotolerantes. Para os autores, a expansão urbana atingiu as áreas próximas às reservas de mata ciliar, comprometendo, em parte, a qualidade das águas superficiais do rio Parauapebas.

Moretto *et al.* (2012) avaliaram o IQA do rio Pardo, no estado do Rio Grande do Sul, o ambiente foi enquadrado nas classes “Boa” e “Regular”. A ACP apresentada no estudo revelou que duas primeiras componentes principais representaram 40,6% da variância acumulada dos dados, sendo que as variáveis mais significativas foram sólidos suspensos totais, turbidez, coliformes termotolerantes e oxigênio dissolvido.

Ortega e Carvalho (2013) identificaram redução dos valores do IQA no córrego do Ipê no estado de São Paulo entre os anos de 2002 e 2011. Os autores associaram esta redução

da qualidade de água em função das ações antrópicas na bacia de drenagem do rio. A variável que sofreu maior alteração foi o oxigênio dissolvido.

A aplicação do IQA permite aos tomadores de decisão e a comunidade em geral obter respostas rápidas e genéricas quanto à qualidade de água do recurso hídrico monitorado. Porém, em um mesmo rio, em locais e períodos diferentes, ou em mananciais de distintas regiões, a avaliação por meio do IQA pode indicar níveis de qualificação iguais em ambientes com dinâmicas totalmente distintas, pois, apenas, a utilização numérica do índice não é totalmente capaz de demonstrar as interações da qualidade de água e as suas variáveis-chave.

A avaliação do IQA, considerando apenas o enquadramento das classes propostas na metodologia (“Péssima” a “Ótima”), pode mascarar diferenças entre estações de amostragens e períodos sazonais quando qualificada na mesma categoria. Desta forma, avaliação pautada em estatística exploratória multivariada torna-se uma ferramenta auxiliar e de suma relevância para a compreensão da dinâmica do IQA e da interação das variáveis que o compõem.

Com relação ao BCRI, o IQA utilizado enquadrou o ambiente de forma preponderante na classe “Boa”, e, somente por meio das avaliações exploratórias foi possível evidenciar as principais variáveis de qualidade de água e os padrões espaço-temporais do índice. Apenas, o resumo dos resultados da qualificação do IQA não permitiria o delineamento e a diferenciação do comportamento da qualidade de água do rio.

Neste sentido, evidenciou-se neste estudo, a necessidade de adaptação das classes de qualificação, variáveis e pesos dos parâmetros que compõem o IQA utilizado, ou mesmo, a elaboração de um novo índice, que, numericamente, evidencie possíveis diferenças espaço-temporais na qualidade de água do rio Itapecuru. Os resultados indicaram que oxigênio dissolvido, temperatura da água e $DBO_{5,20^{\circ}}$ devem ter menor peso ou serem exclusas, e que as variáveis coliformes termotolerantes, turbidez e sólidos suspensos totais devem ser mais relevantes na ponderação do IQA.

O IQA deve ser adaptado em função da realidade local/regional e os resultados devem representar a especificidade de cada recurso hídrico, gerando resultados que evidenciem possíveis diferenças espaço-temporais, atendam a enquadramentos legais e indiquem medidas de controle e recuperação ambiental.

4.4 CONCLUSÃO

A partir da análise IQA, a água do rio Itapecuru foi classificada nos níveis de qualidade “Boa” e “Regular”. Apesar dos valores do IQA ocorrerem com predominância na classe “Boa”, variações espaciais entre as estações de amostragem foram constatadas, com redução da qualidade de água no sentido montante-jusante do rio.

Os melhores níveis do IQA foram constatados no P1 e P2. Por meio de análise estatística, foi constatado que existem diferenças significativas entre estas duas estações de amostragem, em comparação ao P4 e P5. Observou-se, ainda, que não foram evidenciadas diferenças temporais, no período compreendido entre abril de 2012 e janeiro de 2015.

As principais variáveis que apresentaram associação e estabeleceram padrões de ordenação com as estações de amostragem foram coliformes termotolerantes, fósforo total, sólidos suspensos totais e turbidez.

Os principais fatores ambientais que contribuíram para redução do IQA nas estações de amostragem situadas na jusante do rio Itapecuru provavelmente estão associadas ao lançamento de efluentes domésticos da cidade de Rosário e processos erosivos nas sub-bacias hidrográficas da área de influência dos pontos de monitoramento.

Para evidenciação detalhada da qualidade de água do rio Itapecuru por meio de IQA, recomenda-se a adaptação dos pesos ou estrados de qualificação do índice utilizado ou a construção de um IQA específico para este recurso hídrico, onde sejam incorporadas outras variáveis-chave da dinâmica deste ambiente.

AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Maranhão, pelo apoio no desenvolvimento desta pesquisa e pelo financiamento da bolsa de doutorado do primeiro autor.

REFERÊNCIAS

ABBASI, T.; ABBASI, S.A. **Water quality indices**. UK: Elsevier, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: 2013**. Brasília: ANA, 2013.

ALCANTARA, E. H. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. **Caminhos da Geografia**, [s.l.], v. 7, n. 11, p. 97-113, 2004.

ALVES, I. C. C.; EL-ROBRINI, M.; SANTOS, M. L. S.; MONTEIRO, S. M.; BARBOSA, L. P. F.; GUIMARÃES, J. T. F. Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). **Acta Amazônica**, [s.l.], v. 42, n. 1, p. 115-124, 2012.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION AND WATER ENVIRONMENT FEDERATION - APHA/AWWA/WEF. **Standard methods for examination of water and wastewater**. Washington, USA, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 9897: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR. 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores - Procedimento**. Rio de Janeiro, 1987.

ATLAS BRASIL. **O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal Brasileiro**. Brasília: PNUD, Ipea, FJP, 2013.

BATALHA, S. S. A.; MARTORANO, L. G.; BIASE, A. G.; GUNDISALVO, P. M.; ALTEM, N. P.; SANTOS, L. S. Condições físico-químicas e biológicas em águas superficiais do Rio Tapajós e a conservação de Floresta Nacional na Amazônia, Brasil. **Revista Ambiente e Água**, [s.l.], v. 9, n. 4, p. 647-663, 2012.

CARDOSO, L. S.; MOTTA MARQUES, D. M. L. Relações do Índice de Qualidade de Água (IQA) com a Variação Temporal e Espacial da Comunidade Zooplânctônica do Sistema Lagunar de Tramandaí (Litoral Norte do Rio Grande do Sul - RS Brasil). **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 11, n. 2, p. 123-134, 2012.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Qualidade das Águas Superficiais do Estado de São Paulo**. São Paulo: SP, 2015. Disponível em: <http://aguasinteriores.cetesb.sp.gov.br/publicacoes-e-relatorios/>. Acesso em: 28 dez. 2015.

CÓRDOBA, E. B.; MARTÍNEZ, A. C.; FERRER, E. V. Water quality indicators: Comparison of a probabilistic index and a general quality index. The case of the Confederación Hidrográfica del Júcar (Spain). **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 10, n. 5, p. 1049 – 1054, 2010.

FENG, Y.; LING, L.; YANFENG, L.; YOU, Z.; MUSONG, Z.; XIGANG, X. A dynamic water quality index model based on functional data analysis. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 57, n. 10, p. 249-258, 2015.

HAMMER, O.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 1-9, 2001.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **IBGE Cidades**. 2015. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 28 nov. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. **Estações de dados**. 2015. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 21 dez. 2015.

LABORATÓRIO DE GEOPROCESSAMENTO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - LABGEO. **Atlas do Maranhão**. São Luís: GEPLAN, 2002.

LERMONTOV, A.; YOKOYAMA, L.; LERMONTOV, M.; MACHADO, M. S. S. River quality analysis using fuzzy water quality index: Ribeira do Iguape river watershed, Brazil. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 9, n. 6, p. 1188-1197, 2009.

MEDEIROS, R. **Itapecuru: águas que correm entre pedras**. São Luís-MA: ABES, 2001.

MORETTO, D. L.; PANTA, R. E.; COSTA, A. B.; LOBO, E. A. Calibration of water quality index (WQI) based on Resolution n° 357/2005 of the Environment National Council (CONAMA). **Acta Limnologica Brasiliensia**, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 29-42, 2012.

NÚCLEO GEOAMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - NUGEO. **Bacias Hidrográficas: Subsídios para o planejamento e a gestão territorial**. Relatório Técnico. São Luís: [s.n.], 2011.

ORTEGA, D. J. P.; CARVALHO, S. L. Avaliação dos Efeitos das Atividades Antropólicas nos Recursos Hídricos na Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego do Ipê — SP. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 18, n. 3, p. 97-108, 2013.

SILVIA, D. J.; CONCEIÇÃO, G. M. Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Scientia Plena**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 1-26, 2011.

SIMÕES, F. S.; MOREIRA, A. B.; BISINOTI, M. C.; GIMENEZ, S. M. N.; YABE, M. J. S. Water quality index as a simple indicator of aquaculture effects on aquatic bodies. **Ecological Indicators**, [s.l.], v. 8, n. 5, p. 476-484, 2008.

SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). **Acta Amazônica**, [s.l.], v. 42, n. 3, p. 413-422, 2012.

STATSOFT. **Statistica (data analysis software system)**. Version 10. 2010; Disponível em: <http://www.statsoft.com>. Acesso em: 15 dez. 2015.

TERRADO, M.; BORRELL, L.; CAMPOS, S.; BARCELÓ, D.; TAULER, R. Surface-water-quality indices for the analysis of data generated by automated sampling networks. **Trends in Analytical Chemistry**, [s.l.], v. 29, n. 1, p. 40-52, 2010.

5 CAPÍTULO 2: EVALUATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF FISH SPECIES CAPTURED IN THE LOWER STRETCH OF ITAPECURU RIVER, MARANHÃO, BRAZIL.

Artigo aceito em 12 de Janeiro, 2016 no Donnish Journal of Agricultural Research

E publicado Vol 3(1) pp. 001-007 January, 2016

<http://www.donnishjournals.org/djar>

Evaluation of the Chemical Composition of Fish Species Captured in the lower Stretch of Itapecuru River, Maranhão, Brazil.

Heliene Leite Ribeiro Porto¹, Antonio Carlos Leal de Castro¹, Victor Elias Mouchrek Filho² and Gandhi Rádis-Baptista³.

¹Department of Oceanography and Limnology, Center for Health Sciences, Federal University of Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil.

²Department of Chemical Technology, Center for Science and Technology, Federal University of Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil.

³Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute of Marine Sciences, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE, Brazil.

Accepted 12th January, 2016

This study aimed to investigate the chemical composition of muscle tissues from seven species of fish, which were captured from the lower section of the Itapecuru river, comprising the municipalities of Santa Rita and Rosario and the coastal area of Golfão Maranhão during the period of June 2012 to May 2013. The species selected for the experiment were: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp., *Prochilodus lacustris*, *Schizodon dissimilis*, *Ageneiosus ucayalensis* and *Hypostomus plecostomus*, which showed significant abundance and high commercial value. Representative samples were collected without distinction of size and sex and only species with good organoleptic conditions were selected. Analysis of the muscle of each species was performed in triplicate to assess the moisture content, total fat, ash and energy value. The average results of proximate analysis revealed the following variations: moisture 73.7% to 79.2%, total lipids 0.2% to 6.8%, protein 18.6% to 23.0%, ash 0.8% to 1.8% and the energy value of 77 to 136 kcal / 100g. The species *G. surinamensis* showed a higher moisture content and ash and a lower energy value, indicating the highest mineral content between the studied species. The *A. ucayalensis* species had, on average, higher levels of total lipids and energy, while the *P. lacustris* species showed a higher percentage of proteins. The results confirm the importance of knowing the protein value of species that can serve different dietary purposes of local people.

Keywords: Fish. Itapecuru river. Nutritional quality. Caloric value. Brazil.

5.1 INTRODUCTION

Human populations include fish as a main part of their daily diet, a fact that has become more relevant in developing countries, whose dietary pattern reveals a large dependency on staple foods, and fish is the main source, accounting in 2010, for about 19.6% of animal protein consumption (FAO, 2014). In addition to being recognized as a source of direct income of the Brazilian population, the fish is a very important food in the diet of individuals for its wealth of nutrients.

Martin *et al.* (2000) and Vila Nova *et al.* (2005) pointed out that fish is of high nutritional value due to its high protein content, excellent quality of lipids (omega 3 and 6 series) and low levels of total fat, saturated fats and cholesterol. It also incorporates high levels of polyunsaturated fatty acids, important for the promotion and maintenance of health and minerals like calcium, phosphorus, sodium, potassium and magnesium (CHANDRASHEKAR AND DEOSTHALE, 1993; ISMAIL AND IKRAM, 2004; LARSON *et al.*, 2004; ARANNILEWA *et al.*, 2005; HARRIS, 2005).

According to the World Health Organization (WHO), the fish provides the healthiest animal protein and the Brazilians have arrived at consuming 14.5 kg per inhabitant / year, exceeding the recommended minimum consumption of fish, which is 12 kg per inhabitant / year or approximately 250 g of fish per week. Admittedly, the fish stands out for having in its composition high quality protein, retinol, vitamins D and E, iodine and selenium. Evidence increasingly associates their consumption to greater brain development and learning in children, also improving eye health, and protection against cardiovascular disease and some cancers.

The fats and fatty acids of fish are highly beneficial and difficult to obtain from other food sources (FAO, 2013). Acceptance of fishery products by consumers depend on various attributes of food quality, among which stand out the safety, nutrition, taste, texture, color and appearance, and the adequacy of raw material to processing and preservation (CUNHA AND SPERS, 2010). The relative importance of any of these features depends on the particular material and its intended use (HAARD, 1992). Information on the chemical and nutritional composition derived fishery products are important and badly needed for nutritionists, biologists and researchers who work with food, assisting in the formulation of diets, nutritional classification and supporting the food industries, research conservation and fish processing.

Despite the diversity of fish and the commercial potential of many native species, Brazil is still very lacking in data related to its chemical composition and the effect of storage

under freezing in the constitution of fish flesh. Factors affecting the chemical composition are numerous, and some are intrinsic in nature such as genetic, morphological and physiological factors as well as other related environmental quality of the area where they live.

Thus, research in this field of expertise, with detailed study of the nutritional composition of these regional fish through analytical techniques available, are of great importance because they provide essential information for the fish processing industry and intensive fish farming, as well as, and perhaps more importantly, for healthcare professionals in the nutritional management of fish, with a view to a proper dietary guidance, and seek real alternatives that can adequately meet the nutritional needs of individuals, and further stimulate consumption of regional species. Thus, in view of the importance food and the lack of information on the nutritional value of these regional fish, proceeded up the present study the chemical composition of the fish.

5.2 MATERIAL AND METHODS

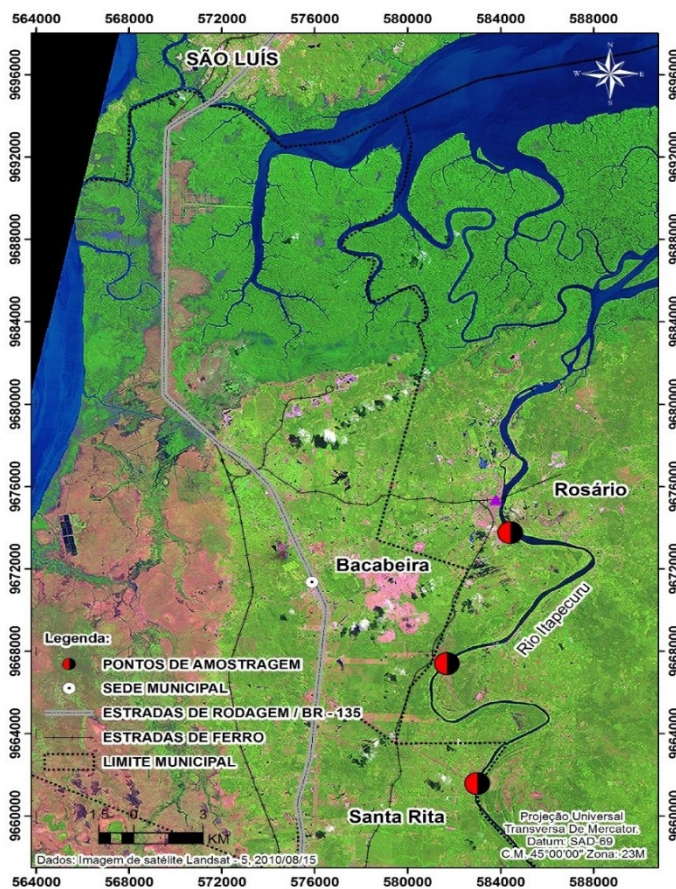
5.2.1 Material

The data that formed the basis for this study come from quarterly collections, carried out between the months of June / 2012 and May / 2013 in three different stations located in the lower stretch of the River Itapecuru between the ITALUÍS water catchment system and the mouth at the municipality of Rosario, as spatial distribution as shown in Figure 25. The species identification was made based on the work of: Eigenmanne Eigenmann (1890), Regan (1904), Fowler (1941), Fernández-Yépez (1968), Britski (1972), Mees (1974), Isbrücker (1979), Britski *et al.* (1988), Vari (1988), Santos *et al.* (1984, 2004), Piorski *et al.* (1998, 2007), Mérona *et al.* (2010). Taxonomic update was made by access to the Fishbase Project (Froese and Pauly, 2009).

Of specimens captured, seven species-individuals were selected for muscle tissue removal, using as criteria the capture volume and marketing potential. Samples considered had the best organoleptic conditions independent of the size of species and sex. The following taxa were selected: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp., *Prochilodus lacustris*, *Schizodon dissimilis*, *Ageneiosus ucayalensis* and *Hypostomus plecostomus*, and their morphometric measurements of total length (cm), total weight (g) and identified sex were taken.

Some individuals of each species were filleted, disregarding sex, anatomical differences and physiological characteristics. Then pulled out a portion of the lateral-medial region (abdominal muscles filet), skinless and boneless representative of the edible part of each sample. Subsequently, the muscle tissue was placed in properly labeled plastic bags and transported in coolers with ice, to the Quality Control Laboratory of Food and Water, Department of Chemical Technology the UFMA, which were frozen at -17°C to date performing nutritional analyzes.

Figure 25 - Map of locations of samples of fish in the lower stretch of the Itapecuru River.



5.2.2 Determining the chemical composition

After homogenization, the following determinations were obtained using physico-chemical methods for food analysis of the Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008):

Humidity: determined by weight loss in oven set at 105°C .

Ash: obtained by igniting a known amount of the sample in furnace at 550°C , to constant weight.

Protein: determined by the Kjeldhal method, which is used in the determination of total nitrogen. To convert the result into crude protein, the factor 6.25 was used.

Total lipids: extracted using the Soxhlet method.

The total **caloric value** was calculated from the calorie corresponding coefficients for proteins and lipids, 4 and 9 kcal / g respectively.

5.2.3 Statistical analysis

To compare the chemical and nutritional composition between species, we used a one-factor analysis of variance, after attaining the homogeneity of assumptions and normality of the data with the use of the Levene test. When the results of analysis of variance (ANOVA) indicated the presence of significant differences ($p < 0.05$), the posteriori Tukey test was used to identify the differences between the means, adopting a 0.05 significance level.

In cases where the ANOVA assumptions were not met, we used the non-parametric method of Kruskal-Wallis (CONOVER, 1990), accompanied by the nonparametric Mann-Whitney U test to compare possible differences between means. Multivariate analysis using the ordination technique of principal components (PCA) was used to verify the association between the sampled species and the concentration of nutrients, based on the variance-covariance matrix.

The statistical evaluations were performed using the STATISTICA computer package, version 7.0 (Stat Soft Corp., USA) and Palaeontological Statistics (PAST), version 17.2 (HAMMER *et al.*, 2001).

5.3 RESULTS AND DISCUSSION

5.3.1 Proximate analysis and statistical evaluation

Table 8 shows the data of the chemical composition of the seven fish species (*P. squamosissimus*, *G. surinamensis*, *Curimata sp.*, *P. lacustris*, *S. dissimilis*, *A. ucayalensis* and *H. plecostomus*) and confirms the statement Maia *et al.* (1999) that although fish composition is well established as its predominant constituents, the ratio between them is very variable.

The results indicate that the average moisture content ranges from 77.3 to 79.2 g / 100 g, and the highest value was found in species *G. surinamensis* and lowest in species *A. ucayalensis* (Table 8). Moisture as a major component of the edible portion of fish was also

observed by Yeannes and Almandos (2003) and Wang *et al.* (2005), confirmed water as the main component of the fish muscle, followed by protein and fat (BADOLATO *et al.*, 1994).

Table 8 - Chemical composition and caloric value (mean \pm standard deviation) of muscle tissue fillet of seven species of fish captured in the lower stretch of the Itapecuru River - Maranhão - Brazil.

Species	Humidity	Lipíd	Proteíns	*Ashes	*Energy value
	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)	(g/100g)	(kcal/100g)
	Média \pm Desvio	Média \pm Desvio	Média \pm Desvio	Média \pm Desvio	Média \pm Desvio
<i>P. squamosissimus</i> ^a	77.6 \pm 1.04 ^{cf}	0.5 \pm 0.46 ^{bf}	20.6 \pm 1.23 ^{cd}	1.3 \pm 0.26 ^f	87 \pm 5.39 ^{cdf}
<i>Curimata sp.</i> ^b	77.6 \pm 0.56 ^{cf}	1.4 \pm 0.44 ^{defg}	20 \pm 0.38 ^c	1.2 \pm 0.21 ^f	92 \pm 3.96 ^{cdef}
<i>P. lacustris</i> ^c	75 \pm 2.16 ^{deg}	0.8 \pm 0.16 ^{efg}	23 \pm 1.41 ^{def}	1.2 \pm 0.16 ^f	100 \pm 1.25 ^{defg}
<i>G. surinamensis</i> ^d	79.2 \pm 1.57 ^f	0.4 \pm 0.16 ^f	18.6 \pm 0.99 ^g	1.8 \pm 0.81 ^f	77 \pm 4.60 ^{fg}
<i>S. dissimilis</i> ^e	79 \pm 0.93 ^f	0.2 \pm 0.07 ^f	19.7 \pm 0.65 ^g	1.1 \pm 0.13 ^f	81 \pm 2.24 ^{fg}
<i>A. ucayalensis</i> ^f	73.7 \pm 0.78 ^g	6.8 \pm 0.21 ^g	19 \pm 0.67 ^g	0.8 \pm 0.05 ^g	136 \pm 1.05 ^g
<i>H. plecostomus</i> ^g	77.3 \pm 0.82	0.2 \pm 0.05	21.5 \pm 0.96	1.1 \pm 0.11	89 \pm 3.35

a, b, c, d, e, f, g = species identification that showed significant differences between them ($p < 0.05$), for each of the concentrations of chemical composition and calorific value.

* = Significant result for test of homogeneity of variances-application of non-parametric test of Kruskal-Wallis.

Although there is no scientific record with information about the nutritional value of fish species present in Itapecuru river, the chemical composition in muscle tissue of different species of fish surveyed in other freshwater environments showed variation of moisture content in the range of 64.0% to 90.0% (SANCHEZ *et al.*, 1990; HART AND FISHER, 1997; ANDRADE *et al.*, 2009;. SPITZ *et al.*, 2010).

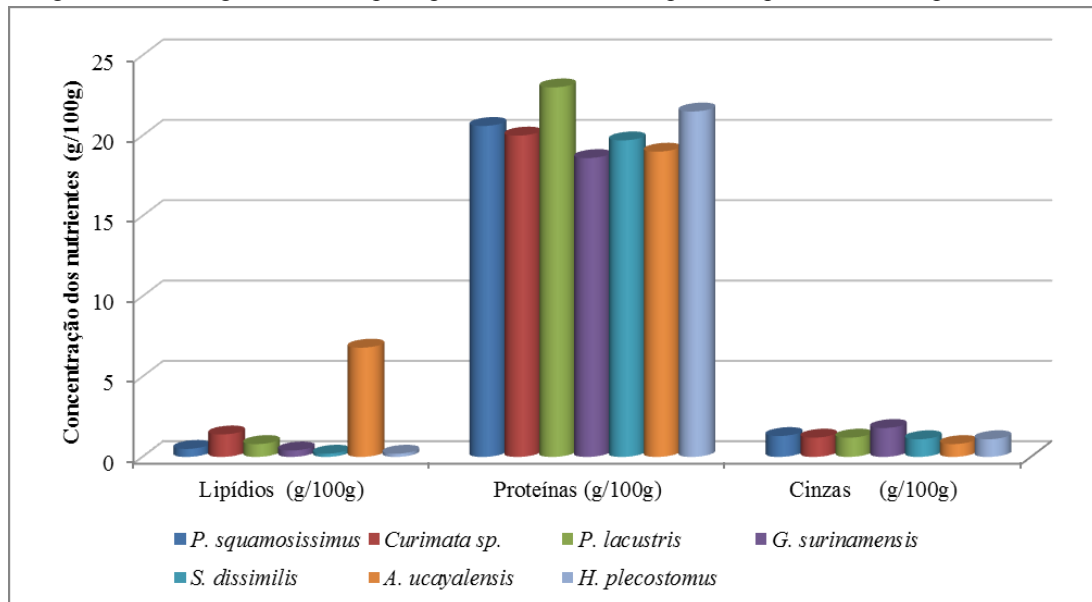
With regard to the concentration of lipid, the species investigated showed values ranging from 0.2 to 6.8 g / 100g, with a higher concentration in the muscle tissue of *A. ucayalensis*, then *Curimata sp.* which showed a fat content of 1.4% of the total composition, while the other species showed even less significant values (Table 8 and Figure 26).

Lourenço *et al.* (2001) reported lipid traits for the species *P. squamosissimus* captured by artisanal fishing on the Tocantins River in the state of Pará, lotic environment of nature, like the Itapecuru River, where 0.5% of content was found for the same species (Table 8 and Figure 26).

These results were lower when compared to reports of Sales and Sales (1990); Sanchez *et al.* (1990); Guinazi *et al.* (2006); Ramos Filho *et al.* (2008); Caula *et al.* (2008); Souza *et al.* (2013), all in search of the chemical composition of freshwater species. The relative superiority in the concentration of lipids in the studies cited above is probably due to

the nature of the confined environment (dams, dam or breeding) suggesting a greater availability of nutrients.

Figure 26 - Average Levels of lipids, proteins and ash fish species captured in the Itapecuru River.



The protein content in the species *H. plecostomus* and *P. lacustris* showed values of 21.5% and 23%, respectively, especially compared with other species caught in Itapecuru River, which ranged from 18.6 to 20.6% (Table 8 and Figure 26). These values are presented above those reported by Sales and Sales (1990) for the species *P. squamosissimus* (18.1%), *Curimata sp* (18%) and *Prochilodus cearensis* (18.5%), by Lawrence *et al.* (2001) for *P. squamosissimus* (15.6%) on the Tocantins River in Pará and Caula *et al.* (2008) studying the chemical composition also of the species *Prochilodus cearensis* (18.7%) in the state of Ceará.

These results show not only the assertion by Badolato *et al.* (1994), that protein is the second component with the highest contribution to the fish muscle, as well as the fishes investigated in the Itapecuru river are classified as rich protein content species. Stansby (1961) considers fish to be fatty or oily when it contains a content above 15% lipids, medium or semi-fat when between 5 and 15% and lean when its fat content is below 5%. The same occurred with the protein, which Stansby and Olcott (1968) consider low level when the fish present with less than 15% and high content, ranging from 15 to 20%.

Thus, analyzing the mean values of lipid and protein samples investigated in this study, one can fit the species investigated in the class of lean and rich fish protein, except for the species *A. ucayalensis*. Furthermore, even considering the classification suggested by Stansby and Olcott in Stansby and Dassow (1967), which fall under low fish lipids (<5%) and

high protein content (15-20%) in category A, the samples analyzed from the Itapecuru river can be considered to be of excellent nutritional quality.

The results of the samples of this study agree, too, with a quotation from Stansby and Olcott (1968) in which the sum of the amounts of moisture and lipids in a study of proximate chemical composition in fish should be close to 80%.

The average levels for ashes are marked in Table 8 and Figure 26, revealing the species *A. ucayalensis* with the lowest ash content (0.8%) and *G. surinamensis* signaling species with the highest content (1.8%). The other species presented homogeneity as the average ash content, ranging from 1.1 to 1.3%. Aguiar (1996) found, for Amazon, ash content of 1.0% to *Schizodon* sp and *Prochilodus nigricans*, 1.2% for *Curimata* sp, all within the levels now presented, and from 1.8% to *Plagioscion* sp, which is consistent with the high ash content found in this study for the species *G. surinamensis* but much higher than that found for *P. squamosissimus* and also the *Plagioscion* genre.

The other findings were compatible also with those reported by other authors such as Sales and Sales (1990) also for *P. squamosissimus* and *Curimata* sp species (both 1.5%); Sanchez *et al.* (1990) and Lourenço *et al.* (2001) 1.12% and 1.1% respectively for the species *P. squamosissimus*; and even in reports of Guinazi *et al.* (2006) studying freshwater species of Zona da Mata in the state of Minas Gerais; Ramos Filho *et al.* (2008) for species in the Pantanal region of Mato Grosso do Sul; Caula *et al.* (2008) reported ash content of freshwater species in the state of Ceará, including the *Prochilodus cearensis* species (0.8%); and Souza *et al.* (2013) reported ash content of the species *Schizodon fasciatum* (0.3%) in the Amazon.

The total content of nutrients such as calcium, potassium, sodium, magnesium, iron, copper, cobalt, aluminum, sulfate, chloride, silicate, phosphate and others is indicated by ash content, and overall ash content in fish varies between 1 to 2% of the total chemical composition, which is strongly influenced by the type of food species (VIANA *et al.*, 2013). Thus, on the premise of these studies, *G. surinamensis* species showed higher ash content, indicating a higher mineral content.

Protein and ash contents below the range observed in this study were found by Maia *et al.* (1999) and UNICAMP (2006) for species *Prochilodus cearensis* and *P. squamosissimus*, respectively, proving once again that the levels of lipids and moisture reported were superior for both studies.

As for caloric value, they have shown the species *S. dissimilis*, *P. squamosissimus*, *H. plecostomus*, *Curimata* sp. and *P. lacustris* with average values between 81-100 kcal / 100g weight, except getting to the species *G. surinamensis* 77 kcal and the species *A. ucayalensis*

which presented the maximum of 136 kcal / 100g, the latter being the species with the highest content of lipids, among those studied.

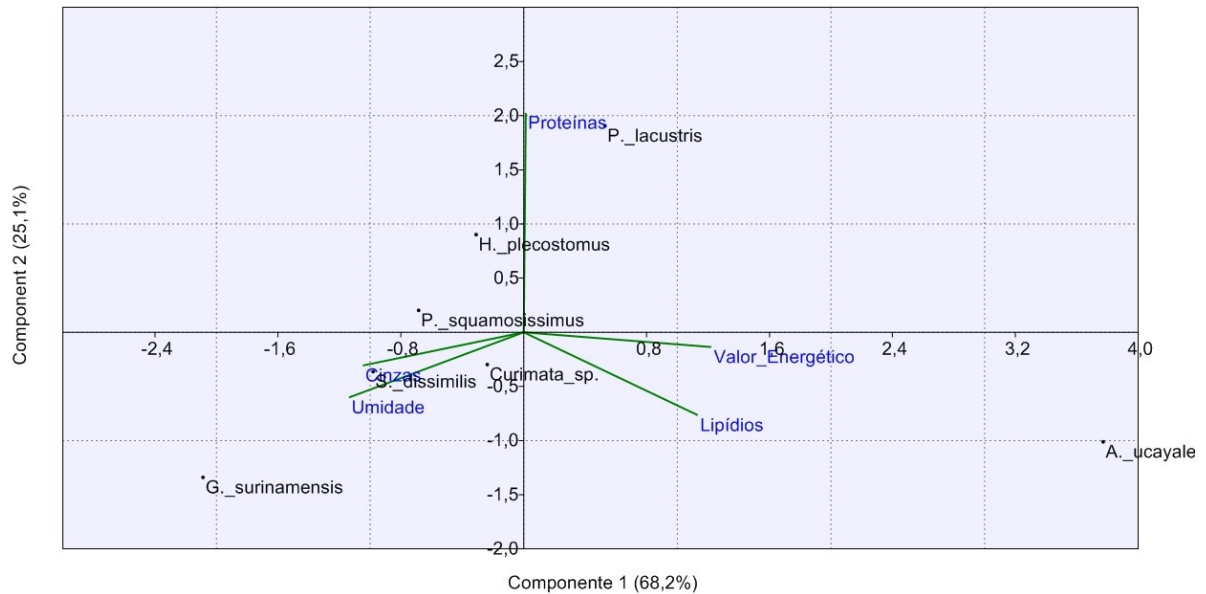
Aguiar (1996) analyzing the chemical composition of the fruits, vegetables and fish from the Amazon, reported calorific value of 89 kcal / 100g for the genre *Plagioscion*, very close to that found in this study for *P. squamosissimus* species which was 87 kcal / 100g (Table 8). Already, Caula *et al.* (2008) reported caloric value of 108 kcal / 100g to *Prochilodus cearensis* also very close to that found in this study for the species *P. lacustris* which was 100 kcal / 100g (Table 8).

Sales and Sales (1990) obtained energy values for *P. squamosissimus* (109 kcal / 100 g) and *Prochilodus cearensis* and *Curimata* sp. (185 kcal / 100g both), in ponds and Souza *et al.* (2013) reported for the species *Schizodon fasciatum*, in Amazon waters, energy value of around 125.43 kcal / 100g, so it's all much higher, compared to the values found in this study for *P. squamosissimus* (87 kcal / 100g), *Curimata* sp. (92 kcal / 100g), *P. lacustris* (100kcal / 100g) and *S. dissimilis* (81 kcal / 100g), this difference in results are probably associated with the nature of the investigated environment, confirming what Stansby (1961) postulates when he states that the chemical composition does not vary only from species to species, but also between individuals of the same species, and Visentainer *et al.* (2005) stating that the analytical data greatly vary according to the age, sex, diet, genetics, type and time of nesting, the productive stage, size, migration, and season as well as environmental factors associated with variations in fish habitat.

None of the seven species presented levels of carbohydrates, evaluated by the difference of the levels obtained from 100%. Comparison of chemical composition and nutritional values among the species investigated showed significant differences ($p < 0.05$) between *Ageneiosus ucayalensis* species group consisting of: *P. squamosissimus*, *Curimata* sp., *G. surinamensis* and *S. dissimilis*, which were statistically similar in relation to moisture levels, lipids and proteins.

Regarding the multivariate analysis, it was observed that the *P. lacustris* species was associated with protein values through a direct and positive correlation, while the species *G. surinamensis* and *A. ucayalensis*, correlated negatively with the moisture content and lipids, respectively. The two main components of the analysis accounted for 93.3% of the total variability of the data indicating that the data set may be reduced and explained in two dimensions (Figure 27).

Figure 27 - Resultant factorial Plan of Principal Component Analysis of the chemical composition of species caught in the lower stretch of the Itapecuru River.



5.4 CONCLUSION

Humidity was the main component (73.0 to 81.5%) of the fish muscle investigated, followed by protein representing the second component with the highest contribution. The Species *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata sp*, *Prochilodus lacustris*, *Schizodon dissimilis* and *Hypostomus plecostomus* based on literature records were classified in category A - lean, while *Ageneiosus ucayalensis* species was classified in category B - semi-fat species, presenting the latter as a good source of lipids.

All species investigated were classified as rich protein content species, showing that they are good sources of protein, especially for *Prochilodus lacustris* species. The species *Geophagus surinamensis* showed higher ash content indicating greater content of minerals. From the nutritional point of view, species were found with different characteristics in the same environment, such as high protein content and low calorific value, such as *Geophagus surinamensis*, *Schizodon dissimilis*, *Plagioscion squamosissimus*, *Hypostomus plecostomus* and *Curimata sp.*, and others with high content of protein and energy value from 100 kcal/100g as was the case of the species *Prochilodus lacustris* and *Ageneiosus ucayalensis*. The species reported in this study are presented as high-quality food, and may serve different dietary purposes for the local population.

REFERENCES

- AGUIAR, Jaime Paiva Lopes. Tabela de composição de alimentos da Amazônia. **Acta Amazônica**, [s.l.], v. 26, n. 1/2, p. 121-126, 1996.
- ANDRADE, G.Q; BISPO, E.S.; DRUZIAN, J.I. Avaliação da qualidade nutricional em espécies de pescado mais produzidas no Estado da Bahia. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 721-26, 2009. Available at: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v29n4/04.pdf>. Accessed on dec 23, 2015.
- ARANNILEWA, S.T.; SALAWU, S.O.; SORUNGBE, A.A.; AUBREY, G.D. Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensor y quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodun galiaenus*). **Afr. J. Biotechnol.**, [s.l.], v. 4, p. 852- 855, 2005.
- BADOLATO, E.S.G.; OAK, J.B.; MELLO, M.R.P.; TAVARES, M.; CAMPOS, N.C.; AUED-PIMENTEL, S.; MORAL, C. Composição centesimal, de ácidos graxos e valor calórico de cinco espécies de peixes marinhos nas diferentes estações do ano. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 54, n. 1, p. 27-35, 1994.
- BRITSKI, H.A. Peixes de água doce do Estado de São Paulo - Sistemática. *In: Poluição e Piscicultura: notas sobre poluição, ictiologia e piscicultura*, 216 pp. Com. Int. Basin Paraná-Uruguay and Fac. Public Health. USP, São Paulo, 1972. p. 79-108
- BRITSKI, H.A.; SATO, Y.; PINK, A.B.S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco - 3** revised edition by the authors. Brasília: Câmara dos Deputados, tives, Publicações-Coordination CODEVASF, Division of Fish Farming and Fish, 1988.
- CAULA, Francisco Charles Barros; OLIVEIRA, Maria Petronília de; MAIA, Everardo Lima. Teor de colesterol e composição centesimal de algumas espécies de peixes do estado do Ceará. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, [s.l.], v. 28, n. 4, 2008.
- CHANDRASHEKAR, K.; DEOSTHALE, Y.G. Proximate composition, amino acid, mineral, and trace element content of the edible muscle of 20 Indian fish species. **J. Food Compos. Anal.**, San Diego, v. 6, n. 2, p. 195-200, 1993.
- CONOVER, William Jay. **Practical Nonparametric Statistics**. New Jersey: John Wiley & Sons, 1990.
- CUNHA, Christiano França da; SPERS, Eduardo Eugenio. A Percepção dos Consumidores Sobre Atributos de Origem, Sustentabilidade e Segurança em um Varejo Supermercadista. CLAV-CAPES / FAPESP / FGV. P 13, 2010. Available at: http://clav2010.fgv.br/sites/clav2010.fgv.br/files/A%20Percepcao%20dos%20Consumidores%20Sobre%20Atributos%20de%20Origem_%20Sustentabilidade%20e%20Seguranca%20_%20Christiano%20Franca.pdf. Accessed on dec 29, 2015.
- EIGENMANN, C.H; Eignmann, R.S. A revision of the South American Nematognathi or cat - fishes. **Occasional Papers of the California Academy of Sciences**, San Francisco, v. 1, p. 1-508, 1890.

FERNANDEZ-YÉPEZ, A. F. Contribucion al conocimiento Doradidae de la familia en Venezuela. Bull. **Inst. Oceanog.**, Univ. East., v. 7, paragraph 1, p.7-72, 1968.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of Food and Agriculture**. Food systems for better nutrition. Pomegranate. 114p. 2013. Available at: <http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e.pdf>. Accessed on aug 10, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture**, Rome, 2014. Disponível in: <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>. Accessed on jul 23, 2015.

FOWLER, H.W. A collection of freshwater fishes Obtained in Eastern Brazil by Dr. Rodolpho von Ihering. **Proc. Acad. Nat. Sci. Phila.**, [s.l.], v. 93, p. 123-199, 1941.

FROESE, R.; PAULY, D. Editors. **FishBase**. World Wide Web electronic publication, [s.l.], www.fishbase.org, version (10/2015) 2015.

GREENFIELD, H.; SOUTHGATE, D. A. T. **Food Composition Data**. Production, Management and Use. 2nd Edition. Rome: FAO, 2003. Available at: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y4705e/y4705e.pdf>. Accessed on dec 24, 2015.

GUINAZI, Michele; MOREIRA, Ana Paula Boroni; SALARO, Ana Lucia; CASTRO, Fátima Aparecida Ferreira; DANALTO, Mirela; PINHEIRO-SANT'ANA, Helena Maria. **Acta Sci. Technol.**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 119-124, 2006. Available at: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/viewFile/1167/696>. Accessed on oct 4, 2015.

HAARD, N. F. Technological aspects of extending prime quality of sea foods: a review. **J. Aquatic Food Product Technol**, [s.l.], v. 1, p 9-27, 1992.

HAMMER, Øyvind; HARPER, David A.T.; RYAN, Paul D. Past: Paleontological statistics package software for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, [s.l.], v. 4, n. 1, p. 9, 2001. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf. Accessed on nov 29, 2015.

HARRIS, W.S. Extending the Cardiovascular Benefits of Omega-3 Fatty Acids. **Curr. Atherosclerosis Reports**, Philadelphia, v. 7, p. 375-380, 2005.

HART, F. L.; FISCHER, H. J. **Análisis moderno de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, cap. 10, p.249, 1997.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL). **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. Ed. IV. 1st. ed. Digital. São Paulo, SP: NIT / IAL, 1020 p, 2008. Available at: http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf. Accessed on oct 11, 2015.

ISBRÜCKER, I.J.H. Descriptions preliminares de nouveaux taxa de le famille des Loricariidae. **Revue Francaise d'aquariologie herpetologie**, [s.l.], v. 5, n. 4, p. 86-116, 1979.

ISMAIL, A.; IKRAM, E.H.K. Effects of cooking practices (boiling and frying) on the protein and amino acids contents of four selected fishes. **Nutr. Food Sci.**, Charlton, v. 34, n. 2, p. 54-59, 2004.

LARSON, Susanna C.; KUMLIN, Maria; INGELMAN-SUNDBERG, Magnus; WOLK, Alicja. Dietary long-chain n-3 fatty acids for the prevention of cancer: a review of potential mechanisms. **Am. J. Clin. Nutr.**, Bethesda, v. 79, p. 935-945, 2004. Available at: <http://ajcn.nutrition.org/content/79/6/935.long>. Accessed on dec 30, 2015.

LOURENÇO, Lúcia Fátima Henriques; FERNANDES, Gleuba Maria Lacerda; CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto. Características físicas, químicas e microbiológicas da pescada-branca *Plagioscion squamosissimus* (Heckel) salgada e seca em secador solar. **Bol.Téc.Cient.**, CEPNOR Belém, v. 1, n. 1, p.135-144, 2001. Available at: <http://www.icmbio.gov.br/cepnor/images/stories/publicacoes/btc/vol01/art08-v01.pdf>. Accessed on oct 17, 2015.

MAIA, Everardo Lima; OLIVEIRA, CLAUDIA C.S de; SANTIAGO, André P.; CUNHA, Francisca E.A; HOLANDA, Francisco C.A.F.; SOUSA, Janaina A. A. Composição química e classes de lipídios em peixe de água doce curimatã comum, *Prochilodus cearensis*. **Rev. Cienc. Tecnol. Aliment.**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 433-437, 1999. Available at: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20611999000300025&lng=pt&nrm=iso. Accessed on dec 30, 2015.

MARTIN, Roy E; CARTER, Emily Pain.; JÚNIOR, Jorge J. Flick; DAVIS, Lynn M. **Marine and freshwater products handbook**. Pennsylvania: Technomic Publishing Company, p. 963, 2000.

MEES, G. F. The Auchenipteridae and Pimelodidae of Suriname (Pisces, Nematognathi), **Zool. Verhandl. Leiden.**, v. 132, p. 1-256, 1974.

MÉRONA, Bernard de; JURAS, Anastácio Afonso; SANTOS, Geraldo Mendes dos; CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto. **Os peixes e a pesca no baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da UHE Tucuruí. Eletronorte**. Eletronorte. 208p. 2010. Available at: http://www.eletronorte.gov.br/opencms/export/sites/eletronorte/publicacoes/publicacoes/Os_Peixes_e_a_Pesca_no_Baixo_Rio_Tocantins.pdf. Accessed on dec 26, 2015.

PIORSKI, N.M.; CaStro, A.C.L.; PEREIRA, L.G.; MUNIZ, M.E.L. Ictiofauna do trecho inferior do rio Itapecuru, Nordeste do Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, São Luís, v. 11, p. 15-24, 1998.

PIORSKI, N.M.; CASTRO, A.C.L.; SOUSA-NETO, A.M. Ichtyofauna from the Cerrado of the southern Maranhão. pp. 197-212. *In*: BARRETO, L. (Eds.). **North Cerrado of Brazil**. Pelotas: USEB, 2007. 378 p.

RAMOS FILHO, Manoel Mendes; RAMOS, Maria Isabel Lima; HIANE, Priscila Aiko; SOUZA, Elizabeth Maria Talá de. Perfil lipídico de quatro espécies de peixes da região pantaneira de Mato Grosso do Sul. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 28, n. 2, 2008. Available at: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612008000200014&script=sci_arttext. Accessed on dec 30, 2015.

REGAN, C.T.A. Monograf of the fishes of the family Loricariidae. **Trans. Zool. Soc. London**, [s.l.], v. 17, n. 3, p.191-350, 1904.

SALES, Ronaldo de Oliveira; SALES, Armenia Maria. Estudo da composição química e rendimento de dez espécies de pescado de água doce de interesse comercial nos açudes do nordeste brasileiro. **Ciê. Agron.**, Fortaleza, v. 21, n. 1/2, p. 27-30, 1990. Available at: <http://www.ccarevista.ufc.br/site/down.php?arq=04rca21.pdf>. Accessed on dec 27, 2015.

SANCHEZ, Luiz; GOMES, Maria Isabel; SASE, Luciene Eiko. Armazenamento da pescada do piauí, *Plagioscion squamosissimus* (Hechel, 1840), resfriadas. I. evolução da Composição química e alguns indicadores de frescor. **Alim. Nutr.**, São Paulo, v. 2, p. 73-82, 1990. Available at: <http://serv-ib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/viewFile/689/580>. Accessed on dec 13, 2015.

SANTOS, G.M.; MÉRONA, B.; JURAS, A.A.; JÉGU, M. **Peixes do baixo rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí**. Eletronorte, [s.l.], 2004.

SANTOS, Geraldo Mendes dos; JEGU, Michel; MERONA, Bernard de. **Catálogo de peixes do baixo rio Tocantins. Projeto Tucuruí**. Manaus: Eletronorte/CNPq/INPA, 1984. Available at: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-04/23202.pdf. Accessed on may 27, 2012.

SOUZA, Francisca das Chagas do Amaral; JESUS, Rogério Souza de; DUNCAN, Wallice Luiz Paxiuba; AGUIAR, Jaime Paiva Lopes. Efeito do congelamento na composição química e perfil de aminoácidos da carne mecanicamente separada de peixes amazônicos. **Rev. Pan-Amaz. Saude.**, Ananindeua, v. 4, n. 1, 2013. Available at: http://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?pid=S2176-62232013000100007&script=sci_arttext. Accessed on dec 29, 2015.

SPITZ, Jérôme; MOUROCQ, Emeline; SCHOEN, Valérie; RIDOUX, Vincent. Proximate composition and energy content of forage species from the Bay of Biscay: high- or low-quality food? **ICES J. Mar. Sci.**, Oxford, v. 67, n. 5, p. 909-915, 2010. Available at: <http://icesjms.oxfordjournals.org/content/67/5/909.full.pdf+html>. Accessed on dec 26, 2015.

STANSBY, Maurice Earl. Proximate Composition of Fish. **FAO International Conference on Fish. In: Nutrition**, Paper No. R / II, 1, 14 p. Washington, D.C., U.S.A., 1961.

STANSBY, Maurice Earl; OLCOTT, H.E. Composición del pescado. *In*: STANSBY, M.E.; DASSOW, J.A. **Tecnología de la industria pesquera**. Zaragoza: Acribia, 1967.

STANSBY, Maurice Earl; OLCOTT, H.E. **Technología de la industria pesquera**. Zaragoza: Acribia, 1968.

UNIVERSIDADE DE CAMPINAS - UNICAMP. Center for Studies and Research in Food - NEPA. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. Version II. 2. ed. Campinas, SP. 114 p. 2006. Available at: http://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_versao2.pdf. Accessed on dec 29, 2015.

VARI, R.P. The Curimatidae the lowland Neotropical fish family (Pisces: Characiformes); distribution, endemism, phylogenetic and biogeography. *In*: VANZOLIN, P.Z.; HEYER, W.

R. **Proceedings of the workshop on neotropical distribution patterns**. Rio de Janeiro: Brazilian Academy of Sciences, 1988.

VIANA, Z.C.V. SILVA, E; FERNANDES, G.B.; SANTOS, V.L.C.S. Composição centesimal em músculo de peixes no litoral do estado da Bahia/Brasil. **Rev. Ciênc. Méd.**, Salvador, v. 12, n.2, p. 157-162, 2013. Available at: <http://www.portalseer.ufba.br/index.php/cmbio/article/viewFile/6955/6639>. Accessed on dec 27, 2015.

VILA NOVA, Cândida M. Vieira Maia; GODOY, Helena Texeira; ALDRIGUE, Mauro Luiz. Composição Química, Teor de Colesterol e Caracterização de Lipídeos Totais de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e Pargo (*Lutjanus purpureus*). **Ciênc. e Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 25, n. 3, p. 430-436, 2005. Available at: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n3/27007.pdf>. Accessed on dec 26, 2015.

VISENTAINER, Jesuí Vergílio; SALDANHA, Tatiana; BRAGAGNOLO, Neura; FRANCO, Maria Regina Bueno. Relação entre teores de colesterol em filés de tilápias e níveis de óleo de linhaça na ração. **Cienc. Tecnol. Alim.**, [s.l.], v. 25, n. 2, p. 310-314, 2005. Available at: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n2/25030.pdf>. Accessed on dec 26, 2015.

WANG, Yong; LIU, Yong-Jian; TIAN, Li-Xia; XIAO, Wei Ping. Effects of dietary carbohydrate level on growth and body composition of juvenile tilapia, *Oreochromis niloticus* x *O. aureus*. **Aquaculture Res.**, Oxford, v. 36, p. 1408-1413, 2005. Available at: https://www.researchgate.net/publication/240652906_Effects_of_dietary_carbohydrate_level_on_growth_and_body_composition_of_juvenile_Tilapia_Oreochromis_niloticus_O_aureus. Accessed on dec 26, 2015.

YEANNES, Maria Isabel; ALMANDOS, Maria Elsa. Estimation of fish proximate composition starting from water content. **J. Food Compos. Anal.**, San Diego, v. 16, p. 81-92, 2003. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157502001680>. Accessed on dec 26, 2015.

6 CAPÍTULO 3: ASSESSMENT OF THE CONSTITUENT MINERALS OF FISH SPECIES CAPTURED IN THE LOWER STRETCH OF THE ITAPECURU RIVER, MARANHÃO, BRAZIL.

Artigo aceito em 6 de Junho, 2016 no *DonnishJournal of Microbiology and*

Biotechnology Research

E publicado Vol 3(1) pp. 001-007 June, 2016

<http://www.donnishjournals.org/djmbr>

Donnish Journal of Microbiology and Biotechnology Research
Vol 3(1) pp. 001-007 June, 2016.
<http://www.donnishjournals.org/djmbr>
Copyright © 2016 Donnish Journals

Assessment of the Constituent Minerals of Fish Species Captured in the Lower Stretch of the Itapecuru River, Maranhão, Brazil.

Heliene Leite Ribeiro Porto¹, Antonio Carlos Leal de Castro¹, James Werllen de Jesus Azevedo¹, Leonardo Silva Soares², Cássia Fernanda Chagas Ferreira³, Marcelo Henrique Lopes Silva³, Rayssa de Lima Cardoso³.

¹Departamento de Oceanografia e Limnologia, Centro de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Maranhão, São Luís, Maranhão; ²Doutorando de Pós Graduação do Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA-UFPI ³Mestrando de Programa de Pós Graduação em Recursos Aquáticos e Pesca – PPGRAP-UEMA.

Accepted 6th June, 2016

The concentration of the constituent minerals calcium, iron, potassium, magnesium, phosphorus, zinc, copper, iodine, selenium and nickel was determined in the muscle tissue of seven species of fish: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp, *dissimilis* *Schizodon*, *Ageneiosus ucayalensis* and *Hypostomus plecostomus* collected in the lower stretch of the river Itapecuru, northeastern Maranhão, Brazil. Samples of muscle were digested in a nitric-perchloric solution and then analyzed by Atomic Emission Spectrometer by inductively coupled plasma, Model 720-ES, VARIAN brand, from the construction of specific calibration curves for each element. Analyses were performed in triplicate. Individuals analyzed proved to be small. The lowest total length of 6.7 cm was recorded for *G. surinamensis* species and the most value for *P. lacustris* with 38.7 cm. With regard to the total weight values were 11.0 g and 465.3 g for the species *P.* and *H. plecostomus squamosissimus* respectively. The concentrations of all minerals can be considered low and are presented below the maximum limit established by Brazilian legislation for human ingestion of fish. A comparison of the seven species of fish investigated revealed no statistically significant differences between the concentrations of minerals, suggesting that the size and different dietary habits do not exert influence on absorption.

Keywords: Fish. Softy tissue. Minerals. Spectrophotometry. Itapecuru River. Brazil.

6.1 INTRODUCTION

Currently, many human populations depend on fish as a part of their main daily diet, especially in developing countries, where this aquatic resource contributed 19.6% of the animal protein consumed in 2010 (FAO, 2014). There is a pressing need for basic food in these countries, making fish an essential nutritional item for maintaining the health of their inhabitants.

The expansion of nutrition as an area of knowledge has enabled researchers to emphasize the advantages of fish as food, due to its high nutritional value, especially in regard to the ingestion of numerous minerals that are present in the organs and tissues in considerable quantities (LEDERER, 1991; MENEZES, 2006; STANSBY, 1976). Fish flesh is generally considered a particularly valuable source of calcium and phosphorus, but it also contains reasonable quantities of sodium, magnesium, manganese, chlorine, sulfur, selenium, chromium, nickel, aluminum, cobalt, zinc, potassium, iron, copper and iodine (CONNELL, 2005). Some of these elements represent the so-called macroelements, of which an adult human being requires 100 mg/day or more, whereas others represent microelements, or trace elements, of which a human being requires only minimal quantities (MAHAN AND ESCOTT-STUMP, 2005). The sustainability and improved quality of life for low-income populations has been a concern of many governments around the world, and the global demand for high nutritional value in food makes fish one of the most consumed meats.

Despite the consensus that fish intake is beneficial for humans, scientific studies on the mineral constituents in fish in Brazil are still insufficient. Thus, studies in Brazil that include data on the quality of fish from artisanal fisheries are of great importance to ensuring adequate food and nutrition security in low-income populations living in tropical river basins.

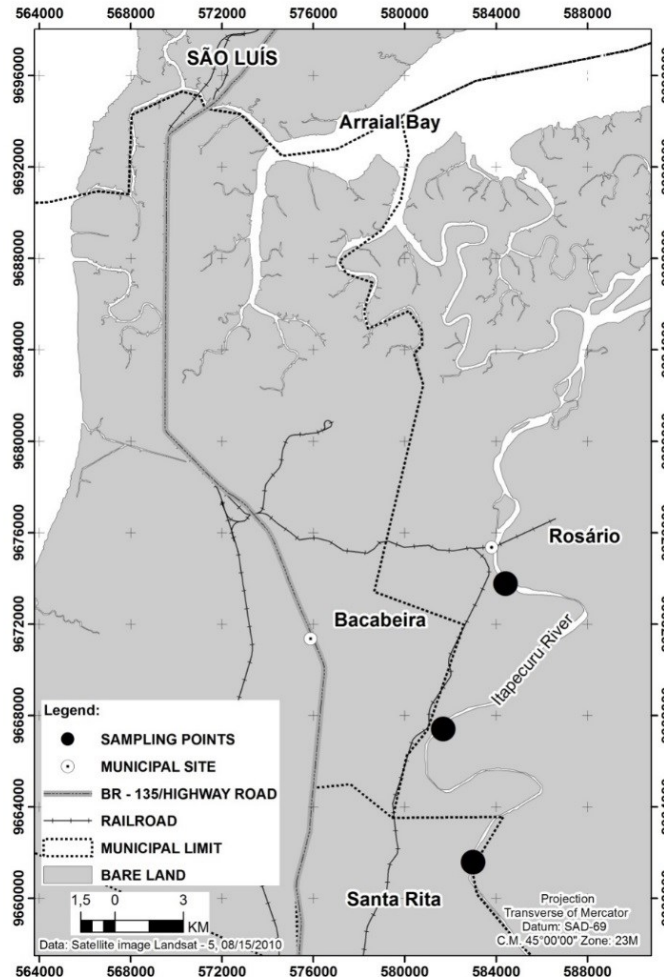
6.2 MATERIAL AND METHODS

This study is based on data from quarterly collections performed between the months of June 2012 and May 2013 at three sampling sites located in the lower stretch of the Itapecuru River between the ITALUÍS water catchment system and the mouth in the city of Rosario. The spatial distribution is shown in Figure 28.

The identification of fish species was made based on the works of Britski (1972), Mees (1974), Isbrücker (1979), Britski *et al.* (1988), Vari (1988), dos Santos, Jégu, and de Mérona (1984), dos Santos, de Mérona, Juras, and Jégu (2004), Piorski, Castro, Pereira, and

Musiz (1998), Piorski, Castro, and Sousa-Neto (2007) and de Mérona, Juras, dos Santos, and Cintra (2010). A taxonomic update was performed through access to Fishbase (FROESE AND PAULY, 2015).

Figure 28 - Location map of the points of fish sampling in the lower stretch of the Itapecuru River.



Among the specimens captured, individuals of seven species were selected for muscle tissue removal based on the capture volume and marketing potential. The samples considered had the best organoleptic conditions, independent of the size of the species and sex. The following taxa were selected: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata sp.*, *Schizodon dissimilis*, *Ageneiosus ucayalensis*, *Hypostomus plecostomus* and *Prochilodus lacustris*, and morphometric measurements of total length (cm), total weight (g) and sex were taken. Some individuals of each species were filleted, regardless of sex, anatomical differences and physiological characteristics. Then, a portion of the lateral-medial region (abdominal muscle filet) was sampled. The samples were skinless, boneless, representative of the edible part of each individual, and equivalent to approximately 200 g.

Subsequently, the samples were placed in labeled plastic bags and frozen at -17°C and transported to the Quality Control Laboratory of Food and Water, Department of Chemical Technology, Federal University of Maranhão (UFMA), where ash content analyses were performed. They were then processed at the Soil Chemistry Laboratory of the Technological Center of Rural Engineering, Maranhão State University (UEMA) for mineral analyses of the chemical elements calcium, iron, potassium, magnesium, phosphorus, zinc, copper, iodine, selenium and nickel.

The determination of the elemental concentrations was performed via the analyses of ash, obtained by dry digestion after complete decomposition of the fish muscle tissue, as adapted from Jones and Case (1990) and Perkin-Elmer (1973). The solutions were analyzed in an inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometer (model 720-ES, VARIAN brand) and specific calibration curves were used for each element. The analyses were conducted in triplicate. To compare the chemical and nutritional compositions between species, we used a one-factor analysis of variance, after attaining the homogeneity of assumptions and normality of the data with the use of the Levene test. When the results of the analysis of variance (ANOVA) indicated the presence of significant differences ($p < 0.05$), the posteriori Tukey test was used to identify the differences between the means, adopting a significance level of $\alpha = 0.05$. In cases where the ANOVA assumptions were not met, we used the non-parametric method of Kruskal-Wallis (CONOVER, 1990) and the nonparametric Mann-Whiney U test to compare possible differences between means. A multivariate analysis employing the ordination technique of principal components (PCA) was used to verify the association between the sampled species and the element concentrations based on the matrix of variance-covariance. The evaluations were conducted using the statistical package Palaeontological Computational Statistics (PAST), version 2.17 (HAMMER *et al.*, 2001).

6.3 RESULTS AND DISCUSSION

Studies on minerals are essential for understanding the effects associated with the consumption of fish by humans. Though the physiological importance is well documented for some animals, many aspects of ingestion, function and bioavailability need to be better understood (WATANABE *et al.*, 1997). Information on the nutritional micronutrient requirements of the fish is also fragmentary, especially because many micronutrients are needed only in very small quantities.

Table 9 presents the morphometric variables and the feeding habits of the analyzed species. These parameters may influence the levels of minerals in the fish. The values of total length and total weight, as well as the standard deviation and amplitude of variation, are also presented.

Table 9 - Taxonomy, morphometric variables and feeding habit of the species analyzed.

Order	Family	Species	N	Wt (g)	Lt (cm)	Feeding habit
Perciformes	Sciaenidae	<i>P. squamosissimus</i>	25	102.5 ± 80.63 (313.7-21.7)	16.2 ± 3.8 (24.6 - 10.5)	Carnivore
Characiformes	Curimatidae	<i>Curimata</i> sp.	12	69.7 ± 21.0 (93.7 - 35.3)	13.1 ± 1.4 (15.0 - 10.5)	Dentritivore
Perciformes	Cichlidae	<i>G. surinamensis</i>	19	34.6 ± 12.4 (61.4 - 11.3)	9.6 ± 1.1 (11.6 - 6.7)	Dentritivore
Characiformes	Anostomidae	<i>S. dissimilis</i>	5	218.7 140.8 ± 78.2 - 55.4)	18.9 ± 3.9 (22.5 - 14.4)	Herbivore
Siluriformes	Auchenipteridae	<i>A. ucayalensis</i>	7	47.5 ± 12.2 (61.3 - 28.6)	16.5 ± 1.5 (18.5 - 14.2)	Carnivore
Siluriformes	Loricariidae	<i>H. plecostomus</i> strain	7	203.3±155.8 (465.3- 32.5)	18.0 ± 5.2 (25.6 - 10.5)	Dentritivore
Characiformes	Prochilodontidae	<i>P. lacustris</i>	4	107.9 ± 11.5 (123.2 - 96.5)	33.2 ± 4.12 (38.7 - 29.6)	Dentritivore

The individuals analyzed were small in size. The lowest value of total length was 6.7 cm, recorded for the species *G. surinamensis*, and highest value was 38.7 cm, recorded for *P. lacustris*. With regard to the total weight, the minimum and maximum values were 11.3 g and 465.3 g, recorded for the species *G. surinamensis* and *H. plecostomus*, respectively. The mineral concentrations observed in the muscles of fish from the examined species (*P. squamosissimus*, *G. surinamensis*, *Curimata* sp., *P. lacustris*, *S. dissimilis*, *A. ucayalensis* and *H. plecostomus*), are shown in Table 10.

Table 10 - Mean values and standard deviation of the concentrations of the mineral constituents of seven species in the lower stretch of the Itapecuru River.

Minerals mg.100g ⁻¹	Species						
	<i>P. squamosissimus</i>	<i>Curimata</i> sp.	<i>P. lacustris</i>	<i>G. surinamensis</i>	<i>S. dissimilis</i>	<i>A. ucayalensis</i>	<i>H. plecostomus</i> strain
Ca	44, 56 ± 12.74	62.81 ± 51.78	60.81*	63.34 ± 1.40	23.32 ± 10.31	21.42 ± 11.73	To 22.68 ± 13.89
Fe	1.31 ± 0.95	1.34 ± 0.79	1.17*	1.40 ± 0.87	1.73 ± 1.16	1.05 ± 0.07	1.57 ± 0.05
K	85.96 ± 17.29	115.94 ± 89.87	144.6*	85.84 ± 17.88	97.84 ± 5.75	61.09 ± 12.33	75.61 ± 12.97
Mg	22.08 ± 2.41	29.49 ± 14.69	20.46*	25.84 ± 7,92	25.43 ± 1.62	20.55 ± 1.60	21.59 ± 1.51
P	238.76 ± 49.69	298.69 ± 210.92	269.52*	399.83 ± 255.58	220.50 ± 0.01	142.7 ± 12.26	194.75 ± 23.41
Zn	0.58 ± 0.29	1.48 ± 1.99	0.77*	1.39 ± 0.55	0.51 ± 0.04	0.52 ± 0.02	0.62 ± 0.11
Cu	0.47 ± 0.69	0.12 ± 0.15	0.13*	0.28 ± 0.54	-	0.76 ± 0.89	0.18 ± 0.29
I	3.22 ± 0.44	3.17 ± 0.71	-	4.75 ± 1.39	3.98 ± 0.88	4.12 ± 3.81	2.52 ± 2.13
If	8.31 ± 3.72	10.11 ± 3.69	-	9.88 ± 12.01	12.25 ± 0.03	-	0.061*
Ni	61.97 ± 13.03	90.2*	48.24*	38.01 ± 18.66	-	-	63.46*

* = analysis based on only one measurement.

Some metals are considered to be nutritionally essential and play important roles in biological processes but can become harmful when ingested in greater than normal quantities (AMUNDSEN *et al.*, 1997; ASHRAF *et al.*, 2006).

The following results are presented to show the variability in concentrations of the mineral constituents of the fish species investigated in this study.

6.3.1 Calcium (Ca)

Fish absorb calcium directly from the water and do not require additional food-based sources of this element. The level of dissolved Ca in the environment also acts as a stimulus for hormone synthesis and maintenance of cell membrane integrity. The concentration of Ca in the fish is mediated by its diffusion through the gills and skin as well as by absorption through the intestine. Considering the seven species analyzed during the study, the mean Ca concentration values were higher in the species *G. surinamensis* (63.34 mg 100 g⁻¹), *Curimata* sp. (62.81 mg 100 g⁻¹) and *P. lacustris* (60.81 mg 100 g⁻¹).

The lowest values of this metal were detected in the species *A. ucayalensis* (21.42 mg 100 g⁻¹) and *H. plecostomus* (22.68 mg 100 g⁻¹). The average concentrations and the standard deviation ranged from 21.42 ± 11.73 mg 100 g⁻¹ to 63.34 ± 1.40 mg 100 g⁻¹. Because only one individual of the species *P. lacustris* was analyzed, no mean or standard deviation is presented.

6.3.2 Iron (Fe)

The iron content in fish is very low compared with mammals. Information on the absorption and metabolism of this mineral in fish are very limited, but the available records indicate that the process is usually the same as in other vertebrates. Although the gill membranes absorb a certain amount of iron, the intestinal mucosa is considered to be the main absorption pathway.

The analyzed values of Fe showed little variation in their concentrations between the studied species. The average and standard deviation of Fe varied between 1.05 ± 0.07 and 1.73 ± 1.16 mg 100 g⁻¹. The greatest average value for this metal was found in *S. dissimilis* (1.73 mg 100 g⁻¹). The species *A. ucayalensis* and *P. lacustris* were found to have the lowest Fe values, with concentrations of 1.05 and 1.17 mg 100 g⁻¹, respectively. The greatest average

value for this metal was found in *S. dissimilis* (1.73 mg 100 g⁻¹). The species *A. ucayalensis* and *P. lacustris* were found to have the lowest Fe values, with concentrations of 1.05 and 1.17 mg 100 g⁻¹, respectively. The averages for the seven studied species showed the following pattern: *N. dissimilis* (1.73 mg 100 g⁻¹) > *H. plecostomus* (1.57 mg 100 g⁻¹) > *G. surinamensis* (1.40 mg 100 g⁻¹) > *Curimata* sp. (1.34 mg 100 g⁻¹) > *P. squamosissimus* (1.31 mg 100 g⁻¹) > *P. lacustris* (1.17 mg 100 g⁻¹) > *A. ucayalensis* (1.05 mg 100 g⁻¹).

6.3.3 Potassium (K)

Potassium is an important mineral for muscle contractions, transmission of nerve impulses and metabolism of sugar. The potassium concentrations among the species of fish ranged from 47.65 - 247.90 mg 100 g⁻¹. These concentrations fell within the FAO-defined range of 19 - 502 mg /100 g (FAO/WHO, 2001). The mean concentrations of this metal varied significantly among the studied species. *A. ucayalensis* presented the lowest average value (61.09 mg 100 g⁻¹), whereas *P. lacustris* exhibited the highest value (144.6 mg 100 g⁻¹). The average concentrations and deviations of K for the studied species varied between 61.09 ± 12.33 mg 100 g⁻¹ to 144.6* mg 100 g⁻¹ (the latter figure does not have a standard deviation due to the sampling of only one individual).

Mogobe, Mosepele, K., and Masamba (2015), Alas, Özcan and Harmankaya (2014) and Tao, Wang, Gong, and Liu (2012) recorded ranges of 245-443 mg 100 g⁻¹ in the Okavango Delta (Africa), 321-441 mg / 100 g in Turkey, and 301 - 402 mg 100 g⁻¹ in China, respectively. In this context, relatively low K values are present in the fish caught in the lower stretch of Itapecuru River. However, in the study area, a species of the genus *Curimata* sp. was observed to have the highest concentration of this element (247.90 mg 100 g⁻¹, including an average of 115.94 mg 100 g⁻¹), because the analysis of *P. lacustris* was based on a sample that limited the use of descriptive statistics.

6.3.4 Magnesium (Mg)

Magnesium is present in muscles and plays a crucial role in the metabolisms of aquatic organisms, particularly in cases involving enzymatic compounds of the electron donor/acceptor system (GAO *et al.*, 2003). It is a macroelement and an activator of enzymatic

systems that control the metabolism of carbohydrates, fats, proteins and electrolytes, acting as a cofactor of oxidative phosphorylation (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

This metal also has an influence on the integrity of and transport within the cell membrane and in the transmission of nerve impulses, aiding in muscle contraction and in energy metabolism (PINHEIRO, PORTO AND MENEZES, 2005). Mg was present in very similar concentrations in all species sampled. The highest values recorded were 29.49 mg 100 g⁻¹ for the species *Curimata* sp., followed by 25.84 mg 100 g⁻¹ for the species *G. surinamensis*. The lowest values were 20.46 mg 100 g⁻¹ and 20.55 mg 100 g⁻¹ for the species *P. lacustris* and *A. ucayalensis*, respectively.

The average concentrations of Mg in the seven species studied ranged from 20.46 to 29.49 mg 100 g⁻¹. The studied species exhibited the following order in terms of increasing concentration: *P. lacustris* (20.46 mg 100 g⁻¹) < *A. ucayalensis* (20.55 mg 100 g⁻¹) < *H. plecostomus* (21.59 mg 100 g⁻¹) < *P. squamosissimus* (22.08 mg 100 g⁻¹) < *S. dissimilis* (25.43 mg 100 g⁻¹) < *G. surinamensis* (25.84 mg 100 g⁻¹) < *Curimata* sp. (29.49 mg 100 g⁻¹).

6.3.5 Phosphorus (P)

Together with calcium and magnesium, phosphorus is one of the main constituents of bones. The concentrations of this mineral showed no significant differences between the species sampled in the lower course of the Itapecuru River, with a range of 128.27 - 809.82 mg/100 g among all the analyzed samples. The highest P content (mg/100 g 809.82) was registered for *G. surinamensis*, a detritivorous species that is small in comparison to the other taxa. Mogobe *et al.* (2015) also observed the highest concentrations of P in a small species, *Barbus poechii*, in comparison to the other samples.

The range of P concentrations obtained in the present study is higher than the values established by the FAO/WHO (2001) (68-550 mg/100) and is also higher than those of other freshwater fish recorded around the world by Alas, Özcan and Harmankaya (2014), (232-426 mg 100 g⁻¹) and Tao *et al.* (2012), (198-240 mg 100 g⁻¹). However, the range is lower than that obtained by Luczynska, Tonska and Luczynska (2009), who observed a range of 1047-1261 mg 100 g⁻¹.

The recommended daily intake for adults is 700 mg P. Therefore, a serving of only 100 g of fish from the lower course of the Itapecuru River could contribute, on average, at least 40% of the daily requirement, which highlights the high phosphorous content found in this

watercourse in northeastern Brazil. The average P concentration observed in the studied species remained between 142.7 mg 100 g⁻¹ and 399.86 mg 100 g⁻¹, with the lowest value in the species *A. ucayalensis* and the highest value in *G. surinamensis*.

The studied species exhibited the following order in terms of decreasing concentration: *G. surinamensis* (399.83 mg 100 g⁻¹) > *Curimata* sp. (298.69 mg 100 g⁻¹) > *P. lacustris* (269.52 mg 100 g⁻¹) > *P. squamosissimus* (238.76 mg 100 g⁻¹) > *S. dissimilis* (220.50 mg 100 g⁻¹) > *H. plecostomus* (194.75 mg 100 g⁻¹) > *A. ucayalensis* (142.7 mg 100 g⁻¹).

6.3.6 Zinc (Zn)

When accumulated in large quantities in fish, this metal causes histopathological alterations in the gills, such as hyperplasia, lamellar fusion, destruction of epithelium and excessive production of mucus (HOGSTRAND, WILSON, POLGAR AND WOOD, 1994; MARQUES, MATTA, OLIVERIA AND DERGAM, 2009). Additionally, this metal causes disturbances in the acid-base balance (HOGSTRAND *et al.*, 1994) and immunotoxic effects (MOTTIN *et al.*, 2010). Kuz'mina (2011) evaluated the effect of Zn on the behavior of fish (larvae of *Chironomus* sp.) and observed that exposure to this element causes a reduction in the consumption of food.

In addition, it can clog the interlamellar spaces, blocking the movement of respiration, while also promoting the delay of growth and maturation (ATLI AND CANLI, 2010). The results of the analysis of the mean concentrations of this metal in all the studied species varied little among the study sites. The species *Curimata* sp. presented the highest value (1.48 mg 100 g⁻¹), and the species *S. dissimilis* presented the lowest value (0.51 mg 100 g⁻¹). The average concentrations and standard deviation values of Zn for the studied species ranged from 0.51 ± 0.04 to 1.48 ± 1.99 mg 100 g⁻¹.

6.3.7 Copper (Cu)

Numerous studies have examined fish that have been exposed to copper (DOS SANTOS CARVALHO, BERNUSSO, ARAÚJO, ESPÍNDOLA AND FERNANDES, 2012; MOTTAHARI *et al.*, 2013; RANSBERRY, MORASH, BLEWETT, WOOD AND MCCLELLAND, 2015) and have found that its toxicity can be fostered by multiple stressors that alter the behavior of fish through synergistic effects associated with other metals (DOS

SANTOS CARVALHO, BERNUSSO AND FERNANDES, 2015). In general, the toxicity of copper is highly influenced by the physical and chemical characteristics of the water, such as hardness, alkalinity, pH, temperature and dissolved oxygen concentration (CARVALHO *et al.*, 2015).

Therefore, to determine whether a species of fish is more sensitive than another in relation to the toxicity of copper, certain physico-chemical characteristics of the water should be taken into consideration. The values of Cu showed little variation among the studied species. This metal was not detected in *S. dissimilis*. The largest value detected was 0.76 mg 100 g⁻¹ for the species *A. ucayalensis* and the lowest value for this metal was 0.12 mg 100 g⁻¹ for the species *Curimata* sp.

6.3.8 Iodine (I)

Iodine is involved in thyroid hormones, which regulate the level of metabolic activity in fish. The hormones have great influence on the cellular oxidation, neuromuscular control, circulatory dynamics, nutrient metabolism and growth. This mineral can be ingested from the surrounding water through the gills, and the absorption rate is inversely dependent on the calcium content of the water (HUNN AND FROMM, 1966). As sea water contains more iodine than freshwater, signs of deficiency of this mineral are larger in freshwater fish (Freshwater Working Group).

The studied species exhibited the following order in terms of decreasing concentration: *G. surinamensis* (4.75 mg 100 g⁻¹) > *A. ucayalensis* (4.12 mg 100 g⁻¹) > *S. dissimilis* (3.98 mg 100 g⁻¹) > *Curimata* sp. (3.17 mg 100 g⁻¹) > *P. squamosissimus* (3.22 mg 100 g⁻¹) > *H. plecostomus strain* (2.52 mg 100 g⁻¹). The average concentrations and the standard deviation values of I for the studied species ranged from 2.52 ± 2.13 to 4.75 ± 1.39 mg 100 g⁻¹ (no I was detected in the species *P. lacustris*).

6.3.9 Selenium (SE)

Selenium is essential for animals, including fish, and is used to avoid nutritional muscular dystrophy processes when combined with vitamin E. It is an integral component of glutathione peroxidase. The level of this enzyme in the liver or plasma is indicative of the

feeding activity of the organism. Selenium deficiency is usually associated with reduced growth.

Moreover, Se is also able to protect fish from spread the toxicity of heavy metals, such as cadmium and mercury. The analyses in the study area indicated the absence of this element in the species *P. lacustris* and *A. ucayalensis*. The lowest value identified for this mineral constituent occurred in *H. plecostomus strain*, with a concentration of 0.061 mg 100 g⁻¹, and the highest value detected was 10.11 mg 100 g⁻¹ in *Curimata* sp.

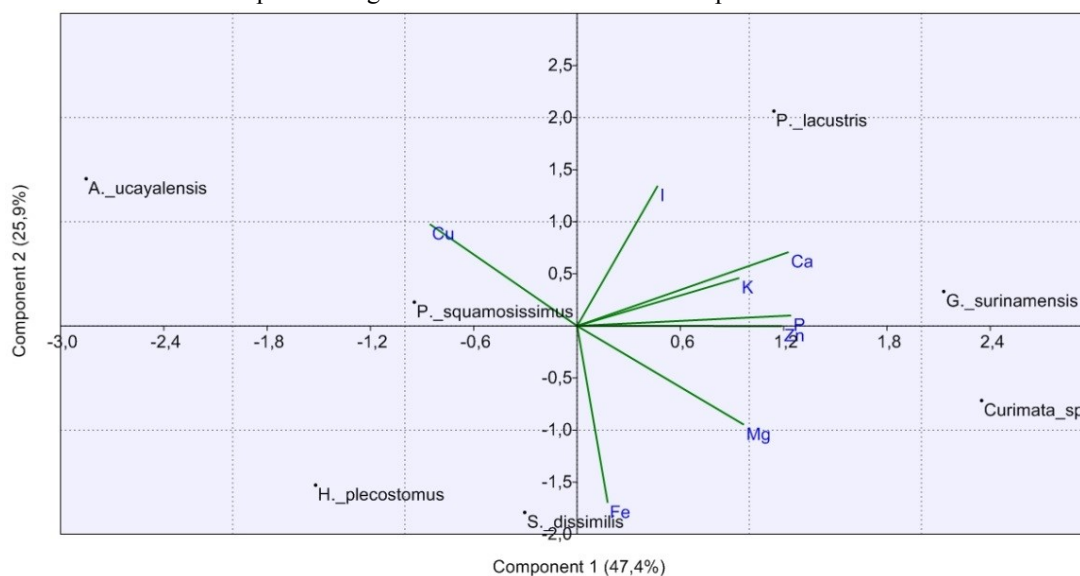
6.3.10 Nickel (Ni)

Nickel is a transition metal that is relatively abundant in the crust, and Brazil has the third largest reserve in the world (PALERMO, RISSO, SIMONATO AND MARTINEZ, 2015). Several anthropogenic processes, including mining, smelting, refining, manufacturing of stainless steel and Ni-CD batteries have resulted in Ni contamination in many aquatic environments (BIELMYER, DECARLO, MORRIS AND CARRIGAN, 2013). The Brazilian law stipulated a maximum permissible limit of 25 µg L⁻¹ in continental waters, although levels greater than 100 µg L⁻¹ have been detected in the muscle tissue of several species of fish collected in Brazilian basins with high levels of heavy metals (MECHE *et al.*, 2010). The results of the analysis of the mean concentrations of this metal in all species used in this study ranged between 38.01 to 90.2 mg 100 g⁻¹.

The species *Curimata* sp. exhibited the highest value (90.2 mg 100 g⁻¹), and the species *G. surinamensis* exhibited the lowest value (38.01 mg 100 g⁻¹). This metal was not detected in the species *S. dissimilis* and *A. ucayalensis* during the study period. The average element concentration values showed no significant differences ($p > 0.05$) when submitted to analysis of variance, demonstrating the similarity among the species of different sizes and eating habits.

The principal component analysis showed that the first two components explain 73.3% of the variability in the data (Figure 29). The species *P. lacustris* and *G. surinamensis* correlate positively with Component 1, associated with the concentrations of phosphorus, potassium, calcium and iodine, whereas the species *Curimata* sp. and *S. dissimilis* correlate negatively with Component 2, associated with the concentrations of zinc, magnesium and iron.

Figure 29 - Factorial Plan resulting from the analysis of the main components in the mineral concentration of species caught in the lower stretch of the Itapecuru River.



6.4 CONCLUSION

The concentrations of all minerals can be considered low and are below the maximum limit established by Brazilian legislation for the human intake of fish. The comparison between the seven species of fish investigated showed no statistically significant differences between the concentrations of minerals, suggesting that the size and dietary habit differences did not influence the mineral composition of the fish.

Low concentrations of minerals can be related to the environmental conditions of the mouth of the Itapecuru River, which experiences marine influence. During some tidal cycles, this marine influence expands, reducing the residence time in the water column and reducing the availability of these minerals for fish. The data obtained may be important for the development of tables of nutritional balance, with calculation of nutrient intake, and may contribute a value-added incentive to the fishing sector in the region.

ACKNOWLEDGMENTS

We thank Professor Gandhi Radis-Baptista Federal University of Ceará, for their support and encouragement, especially in critical moments that were necessary to his experience with the university bureaucracy.

ROLE OF THE FUNDING SOURCE

This work was financially supported by PETROBRAS and the Federal University of Maranhão, which through the provision of a service contract between the two institutions, enabled the development of this research.

REFERENCES

- ALAS, A.; OZCAN, M. M.; HARMANKAYA, M. Mineral contents of head, caudal, central fleshy part, and spinal columns of some fishes. **Environ. Monit. Assess.**, [s.l.], v. 186, n. 2, p. 889-894, 2014.
- AMUNDESEN, P.A.; STALDVIK, F.J.; LUKIN, A.A.; KASHULIN, N.A.; PAPOVA, O.A.; RESHETNILKOV, Y.S. Heavy metal contamination in freshwater fish from the borderregion between Norway and Russia. **Sci. Total Environ.**, [s.l.], v. 201, p. 21–224, 1997.
- ASHRAF, W.; SEDDIGI, Z.; ABULKIBASH, A.; KHALID, M. Levels of selected metals in canned fish consumed in Kingdom of Saudi Arabia. **Environ. Monit. Assess.**, [s.l.], v. 117, p. 271-279, 2006.
- ATLI, G.; CANLI, M. Response of antioxidant system of freshwater fish *Oreochromis niloticus* to acute and chronic metal (Cd, Cu, Cr, Zn, Fe) exposures. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s.l.], v. 73, p.1884-1889, 2010.
- BIELMYER, G.K.; DE CARLO, C.; MORRIS, C.; CARRIGAN, T. The influence of salinity on acute nickel toxicity to the two euryhaline fish species, *Fundulus heteroclitus* and *Kryptolebias marmoratus*. **Environ. Toxicol. Chem.**, [s.l.], v. 32, p.1354–1359, 2013.
- BRITSKI, H.A. Peixes de água doce do Estado de São Paulo - Sistemática. In: S. M. Branco (Org.). **Poluição e Piscicultura**. São Paulo: Com. Int. Bacia Paraná-Uruguai e Fac. Saúde Pública, USP, 1972. p. 79-108.
- BRITSKI, H.A.; SATO, Y.; ROSA, A.B.S. **Manual de identificação de peixes da região de Três Marias**: com chaves de identificação para os peixes da Bacia do São Francisco - 3 edição revista pelos autores. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações-CODEVASF, Divisão de Piscicultura e Pesca, 1988.
- CARVALHO, C.S.; BERNUSSO, V.A.; ARAÚJO, H.S.S.; ESPÍNDOLA, E.L.G.; FERNANDES, M.N. Biomarker responses as indication of contaminant effects in *Oreochromis niloticus*. **Chemosphere**, [s.l.], v. 89, p. 60–69, 2012.
- CARVALHO, S.C.; BERNUSSO, V.A.; FERNANDES, M.N. Cooper levels and changes in pH induce oxidative stress in the tissue of curimbata (*Prochilodus lineatus*). **Aquatic Toxicology**, [s.l.], v. 167, p. 220-227, 2015.

CONNELL, D. W. **Basic Concepts of Environmental Chemistry**. Second Edition. Taylor & Francis Group, LCC, 2005.

CONOVER, William Jay. **Practical Nonparametric Statistics**. New Jersey: John Wiley & Sons, 1990.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). **The State of World Fisheries and Aquaculture**. Roma: FAO, 2014. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>. Accessed on jul 23, 2015.

FAO/WHO. **Human Vitamin and Mineral Requirements**. Food and Nutrition Division-FAO. Rome: FAO, 2001. Available at: <http://www.fao.org/3/a-y2809e.pdf>. Accessed on jan 19, 2016.

FROESE, R.; PAULY, D. **FishBase**. World Wide Web electronic publication, www.fishbase.org, version (10/2015). 2015.

GAO, Y.; CHEN, C.; ZHANG, P.; CHAI, Z.; HE, W.; HUANG, Y. Detection of metalloproteins in human liver cytosol by synchrotron radiation X-ray fluorescence after sodium dodecyl sulfate polyacrilamide gel electrophoresis. **Analytica Chimica Acta**, [s.l.], n. 485, p.131-137, 2003.

HAMMER, ØYVIND; HARPER, DAVID A.T.; RYAN, PAUL D. Past: Paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, [s.l.], v. 4, n. 1, 9 p, 2001. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf. Accessed on nov 29, 2015.

HOGSTRAND, C.; WILSON, R.W.; POLGAR, D.; WOOD, C. M. Effects of zinc on the kinetics of branchial calcium uptake in freshwater rainbow trout during adaptation to waterborne zinc. **J. Exp. Biol.**, [s.l.], v. 186, p. 55–73, 1994.

HUNN, J.B.; FROMM, P.O. In vivo uptake of radioiodide by rainbow trout. **J. Water Pollut. Contr. Fed.**, [s.l.], v. 38, p. 1981-1985, 1966.

ISBRÜCKER, I. J. H. Descriptions preliminaires de nouveaux taxa de le famille des Loricariidae. **Revue Francaise d'aquariologie herpetologie**, [s.l.], v. 5, n. 4, p. 86-116, 1979.

JONES JUNIOR, J. B.; CASE, V. W. Sampling, handling and analyzing plant tissue sample. Madson: Wasterman, RL. **Science Society of America**, [s.l.], Book Serie, 1990.

KUZ'MINA V.V. The influence of zinc and copper on the latency period for feeding and the food uptake in common carp, *Cyprinus carpio* L. **Aquatic Toxicol.**, [s.l.], v. 102, p. 73–78, 2011.

LEDERER, Jean. **Enciclopédia moderna de higiene alimentar**. São Paulo: Manole Dois, 1991.

LUCZYNSKA, J.; TONSKA, E.; LUCZYNSKI, J. Essential mineral components in muscles of six freshwater fish from the Mazurian Great Lakes (Northern Poland). **Arch. Pol. Fish.**, [s.l.], v. 17, p. 171-178, 2009.

MAHAN, Kathleen L.; ESCOTT-STUMP, Sylvia. **Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 11ª Ed. São Paulo: Roca, 2005.

MARQUES D. C., MATTA S. L. P., OLIVEIRA J. A., DERGAM J. A. Alterações histológicas em brânquias de *Astyanax aff. bimaculatus* causadas pela exposição aguda ao zinco. *In: XVI Congresso Brasileiro de Toxicologia*, 2009, Belo Horizonte. **Revista Brasileira de Toxicologia**, [s.l.], v. 22. p. 26-26, 2009.

MECHE, A.; MARTINS, M.C.; LOFRANO, B.E.S.N.; HARDAWAY, C.J.; MERCHANT, M.; VERDADE, L. Determination of heavy metals by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry in fish from the Piracicaba River in Southern Brazil. **Microchem. J.**, [s.l.], v. 94, p. 171-174, 2010.

MEES, G. F. The Auchenipteridae and Pimelodidae of Suriname (Pisces, Nematognathi). **Zoologische Verhandelingen (Leiden)**, [s.l.], v. 132, p. 1-256, 1974.

MENEZES, Maria Emilia da Silva. **Valor nutricional de espécies de peixes (água salgada e estuário) do estado de Alagoas**. 2006. 119f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) – Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006. Available at: http://bdtd.ufal.br/tde_arquivos/10/TDE-2007-02-08T152317Z-71/Publico/MariaEmiliadaSilvaMenezes.pdf. Accessed on jun 7, 2009.

MÉRONA, Bernard de; JURAS, Anastácio Afonso; SANTOS, Geraldo Mendes dos; CINTRA, Israel Hidenburgo Aniceto. **Os peixes e a pesca no baixo Rio Tocantins: 20 anos depois da UHE Tucuruí. Eletronorte**. 2010. Available at: http://www.eletronorte.gov.br/opencms/export/sites/eletronorte/publicacoes/publicacoes/Os_Peixes_e_a_Pesca_no_Baixo_Rio_Tocantins.pdf. Accessed on dez 26, 2015.

MOGOBE, O.; MOSEPELE, K.; MASAMBA, W.R.L. Essential mineral content of common fish species in Chanoga, Okavango Delta, Botswana. **African Journal of Food Science**, [s.l.], v. 9, n. 9, p. 480-486, 2015.

MOTTAHARI, R.S.J.; BOZORGNIA, A.; GHIASI, M.; MOHAMMAD, S.; FARABI, V.; TOOSI, M. Impact of copper sulphate on hematological and some biochemical parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L. 1758) in different pH. **World J. Fish Mar. Sci.**, [s.l.], v. 5, n. 5, p. 486-491, 2013.

MOTTIN, E.; CAPLAT, C.; MAHAUT, M.L.; COSTIL, K.; BARILLIER, D.; LEBEL, J.M.; SERPENTINI, A. Effect of in vitro exposure to zinc on immunological parameters of haemocytes from the marine gastropod *Haliotis tuberculata*. **Fish Shellfish Immunol.**, [s.l.], v. 29, p. 846-853, 2010.

OLIVEIRA, J.D.S.; BARILLI, D.J.; NEUMANN, G.; THEODORO, P.S.; BOMBARDELLI, R.A.; PIANA, P.A.; GONÇALVES-JÚNIOR, A.C. Estudo preliminar da biodisponibilidade de magnésio e zinco em espécimes de armado (*Pterodoras granulosus*), capturados no reservatório de Itaipu. **Bol. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 315-322, 2014.

PALERMO, F.F.; RISSO, W.E.; SIMONATO, J.D.; MARTINEZ, C.B.R. Bioaccumulation of nickel and its biochemical and genotoxic effects on juveniles of the neotropical fish *Prochilodus lineatus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, [s.l.], v. 116, p. 19–28, 2015.

PERKIN-ELMER, N. **Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry agriculture**. Connecticut, 1973.

PINHEIRO, D.M.; PORTO, K.R.A.; MENEZES, M.E.S. **A Química dos Alimentos: carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e minerais**. Alagoas: EDUFAL, 2005.

PIORSKI, N.M.; CASTRO, A.C.L.; PEREIRA, L.G.; MUNIZ, M.E.L. Ictiofauna do trecho inferior do rio Itapecuru, Nordeste do Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, São Luís, v. 11, p. 15-24. 1998.

PIORSKI, N.M.; CASTRO, A.C.L.; SOUSA-NETO, A.M. Ichtyofauna from the Cerrado of the southern Maranhão. *In*: BARRETO, L. (Eds.). **North Cerrado of Brazil**. Pelotas, RS: USEB, 2007. p. 197-212.

RANSBERRY, V.E.; MORASH, A.J.; BLEWETT, T.A.; WOOD, C.M.; MCCLELLAND, G.B. Oxidative stress and metabolic responses to copper in freshwater and seawater-acclimated killifish, *Fundulus heteroclitus*. **Aquat. Toxicol.**, [s.l.], v. 161, p. 242-252, 2015.

REGAN, C.T. A Monograph of the fishes of the family Loricariidae. **Trans. Zool. Soc. London**, [s.l.], v. 17, n. 3, p. 191-350, 1904.

SANTOS, G.M.; MÉRONA, B.; JURAS, A.A.; JÉGU, M. **Peixes do baixo rio Tocantins: 20 anos depois da Usina Hidrelétrica Tucuruí**. Eletronorte, [s.l.], 2004.

SANTOS, Geraldo Mendes dos; JEGU, Michel; MERONA, Bernard de. **Catálogo de peixes do baixorio Tocantins; Projeto Tucuruí**. Manaus: ELETRONORTE/CNPq/INPA, 1984. Available at: http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-04/23202.pdf. Acesso em: 27 mai 2012.

STANSBY, Maurice Earl. **Industrial Fishery Technology**. 2^a ed. Nova York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1976.

TAO N.P.; WANG, L.Y.; GONG, X.; LIU, Y. Comparison of nutritional composition of farmed pufferfish muscles among *Fugu obsurus*, *Fugu flavidus* and *Fugu rubripes*. **J. Food Compost. Anal.**, [s.l.], n. 28, p. 40-45, 2012.

VARI, R.P. The Curimatidae, a lowland Neotropical fish family (Pisces: Characiformes); distribution, endemism, and phylogenetic biogeography. *In*: VANZOLIN, P. Z.; HEYER, W. R. **Proceedings of a workshop on neotropical distribution patterns**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1988.

WATANABE, T.; KIRON, V.; KIRON, S.; SATOH, S. Trace minerals in fish nutrition. **Aquaculture**, [s.l.], n. 151, p. 185-207, 1997.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As condições de transição entre o clima super úmido da região Norte e o clima semiárido da região Nordeste determinam, no Estado do Maranhão, uma variedade de ecossistemas que abrange a floresta tropical úmida, o cerrado, manguezais, dunas, estuários, praias, bacias lacustres, etc. No entanto, esses ambientes vêm sofrendo impactos ameaçadores representados, entre outros fatores, pelo desmatamento para implantação de áreas agrícolas e aproveitamento de madeiras nobres, predomínio de pastagens artificiais, modificação das bacias hidrográficas e uso inadequado do solo. Este conjunto de tensões ambientais foram observados no baixo curso do rio Itapecuru com implicações diretas na integridade dos habitats e de seus processos ecológicos essenciais, afetando as comunidades de peixes.

Das discussões que emergem da pesquisa desenvolvida e apresentada neste documento consensualizam-se as transformações na paisagem da bacia do rio Itapecuru, submetido a um processo desordenado de ocupação nas suas margens que, invariavelmente, conduzem ao desmatamento com a supressão da mata ciliar, queimadas, extrativismo vegetal para a retirada de madeira e lançamento de esgotos domésticos in natura.

Apesar de reconhecida a importância do pescado para as comunidades residentes no entorno de bacias hidrográficas, pouco se conhece sobre as espécies e a sustentabilidade dos recursos, não havendo até o momento, estimativas do rendimento máximo sustentável para a maioria dos recursos pesqueiros explorados comercialmente.

No alto e médio curso da bacia do rio Itapecuru as agressões ambientais são contínuas e permanentes provocando alterações na dinâmica sedimentar, modificando as variáveis hidrosedimentológicas e os mecanismos de erosão/deposição que se estendem em direção ao curso inferior do rio.

Os recursos pesqueiros do trecho inferior do rio Itapecuru representam uma fonte de alimento de extrema importância na dieta dos ribeirinhos, por constituírem uma via de absorção de proteínas e minerais de alta qualidade, suprindo assim, as exigências nutricionais e fornecendo energia ao corpo e a manutenção dos processos celulares vitais.

No baixo curso do rio Itapecuru destacam-se espécies como *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp e *Prochilodus lacustris*, dentre outras, que apresentam valor comercial e reconhecida qualidade nutritiva. Nesse contexto, urge a necessidade de se conhecer o que existe sobre a biologia dessas espécies e seu potencial como alimentos funcionais, com reflexos que podem estimular as agrícolas e as indústrias de alimentos

no desenvolvimento de novos produtos e apoiar políticas de proteção ao meio ambiente e de biodiversidade.

Com esta perspectiva, o presente trabalho constitui-se numa etapa preliminar no sentido da construção de conhecimentos que possam subsidiar o planejamento adequado da Bacia Hidrográfica do rio Itapecuru, o qual, independentemente da escala em que venha a ser aplicado, deverá viabilizar a tomada de decisões orientadas pelas seguintes considerações:

1. Apesar do índice de qualidade da água enquadrar o trecho inferior do rio Itapecuru na categoria “Boa” os impactos observados na cobertura vegetal, degradada pelo desmatamento, resultam na exposição do solo às intempéries que contribuem para acelerar os processos de erosão, transporte e assoreamento, reduzindo a profundidade do leito do rio Itapecuru.
2. A degradação ambiental, que vem se processando como consequência da ocupação desordenada, tende a se agravar irreversivelmente, demonstrando a inadequação dos métodos e das técnicas empregadas e a necessidade de se encontrar novas alternativas e implantar uma política que promova a recuperação do equilíbrio do ecossistema.
3. Em que pese o estado crítico, os problemas ambientais que a área vem sofrendo ainda não são objeto da atenção dos moradores e das autoridades locais, haja vista o reduzido número de ações desenvolvidas no sentido de encontrar soluções adequadas, talvez por falta de conhecimento.
4. As espécies de peixes registradas mostraram alto teor de proteínas e baixo valor calórico podendo servir a diferentes propósitos dietéticos da população local.
5. As concentrações de todos os minerais podem ser consideradas baixas e apresentam-se inferiores ao limite máximo estabelecido pela Legislação Brasileira para a ingestão humana de peixe.
6. A comparação entre as sete espécies de peixes investigadas não revelou diferenças estatisticamente significativas entre as concentrações dos minerais, sugerindo que o tamanho e os diferentes hábitos alimentares não exercem influências na sua absorção.
7. As baixas concentrações dos minerais podem estar relacionadas com as condições ambientais da foz do rio Itapecuru que sofre influência marinha, produzindo em determinados ciclos de marés uma forte capacidade de dispersão, diminuindo o tempo de residência na coluna d’água e reduzindo a disponibilidade desses minerais para os peixes.

8. Os dados obtidos podem ser importantes para a elaboração de tabelas de balanço nutricional, com cálculo da ingestão de nutrientes, além de contribuir como incentivo de um valor agregado ao setor pesqueiro da região.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Plano Nacional de Recursos Hídricos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos - MMA, 2006.
- AGOSTINHO, A. A.; JULIO JR., H. F. Peixes da Bacia do Alto Parana. *In*: LOWE-MCCONNELL, R. (Ed). **Estudos de Comunidades de Peixes Tropicais**. São Paulo: EDUSP, 1999.
- AHER, P. D.; ADINARAYANA, J.; GORANTIWAR S. D. Quantification of morphometric characterization and prioritization for management planning in semi-arid tropics of India: A remote sensing and GIS approach. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 511, p. 850–860, 2014.
- ALCÂNTARA, Enner Herenio de. Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru, Maranhão – Brasil. **Caminhos da Geografia**, [s.l.], v. 7, n. 11, p. 97-113, 2004. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15328/8627>. Acesso em: 11 de ago. 2015.
- ALMEIDA, N. M.; FRANCO, M. R. B. Influência da dieta alimentar na composição de ácidos graxos em pescado: aspectos nutricionais e benefícios à saúde humana. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, [s.l.], v. 65, n. 1, p. 7-14, 2006. (*apud* Henderson R. J, Tocher D.R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish, *Prog. Lipids Res* 1987; 26: 281-347.).
- ARANNILEWA, S. T. *et al.* Effect of frozen on the chemical microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodon galiaenus*) **Afri. J. Biotech.**, [s.l.], v. 4, n. 8, p. 852-855, 2005.
- ARCHER, S.L. *et al.* Association of Dietary Fish and n-3 Fatty Acid Intake with Hemostatic Factors in the Coronary Artery Risk Development in Young adults (CARDIA) Study. **Arterioscler. Thromb. Vasc. Biol.**, Dallas, v. 18, n. 7, p. 1119-1123, 1998.
- ASCHERIO A. *et al.* Dietary Intake of marina n-3 fatty acids, fish intake, and the risk of coronary disease among men. **New England J. Med.**, Boston, v. 332, n. 15, p. 977- 982, 1995.
- BADOLATO, Elza Schwarz; CARVALHO, Jose Byron de; MELLO AMARAL, Marcia Regina P. do; TAVARES, Mario; CAMPOS, Norberto Camilo; AUED-PIMENTEL, Sabria; MORAIS, Cleso de. Composicao centesimal de acidos graxos e valor calorico de cinco especies de peixes marinhos nas diferentes estacoes do ano. **Rev. Inst. Adolfo Lutz**, [s.l.], v. 54, n. 1, p. 27 – 35, 1994.
- BARROS, M.; Fraga, E.; Birindelli, J. Fishes from the Itapecuru River basin, State of Maranhão. **Brazilian Journal of Biology**, [s.l.], v. 71, n. 2, p. 3–7, 2011. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-69842011000300006. Acesso em: 12 set. 2015.
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA-ANVISA. Portaria W n. 33, de 13 de janeiro de 1998. Adota valores como níveis de IDR para as vitaminas, minerais e proteínas. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. Brasília, 30 mar 1998. Seç. I,

n. 60-E, p 4-6. Disponível em: <http://www.jusbrasil.com.br/diarios/1132110/pg-4-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-30-03-1998>. Acesso em: 11 nov. 2015.

BREDER, C. M.; ROSEN, D. E. **Modes of reproduction in fishes**. New Jersey: T.F.H. Publications, 1966.

CANLI, M.; ATLI, G. The relationships between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and the size of six Mediterranean fish species. **Environ. Pollut.**, [s.l.], n. 121, p. 129-136, 2003.

CBD Secretariat of the Convention on Biological Diversity. **Marine Biodiversity – One Ocean, Many Worlds of Life. Montreal**. 2012, 77 p. Disponível em: <https://www.cbd.int/idb/doc/2012/booklet/idb-2012-booklet-en.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2015.

CHANDRASHEKAR, K.; DEOSTHALE, Y. G. Proximate composition, amino acid, mineral and trace element content of the edible muscle of 20 Indian fish species. **J. Food Compos Anal.**, San Diego, v.6, n. 2, p. 195-200, 1993.

COHEN, B. L. Bioaccumulation factor in marine organism. **Health Physics**, [s.l.], v. 49, n. 6, p. 1290-1294, 1985.

CONTRERAS-GUZMÁN, E. S. **Bioquímica de pescados e invertebrados**. Santiago: CECTA-USACH, 2002.

DIEGUES, A.C.S. **Pescadores, Camponeses e Trabalhadores do Mar**. São Paulo: Ed. Ática, 1983.

DIEGUES, A.C.S. **Saberes Tradicionais e biodiversidade no Brasil**. Brasília: Ministério do meio Ambiente. São Paulo: USP, 1999. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/saberes.pdf. Acesso em: 10 ago. 2015.

DURAN, A.; TUZEN, M.; SOYLAK, M. Assessment of trace metal concentrations in muscle tissue of certain commercially available fish species from Kayseri, Turkey. **Environ Monit Assess**, Turkey, v. 186, p. 4619–4628, 2014.

EBRAHIMPOUR, M.; POURKHABBAZ, A.; BARAMAKI, R.; BABAEI, H.; REZAEI, M. Bioaccumulation of heavy metals in freshwater fish species, Anzali, Iran. **Bull Environ Contam Toxicol.**, [s.l.], v. 87, p. 386–392, 2011.

ESTATPESCA INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Estatística da Pesca, 2007, Brasil: Grandes regiões e unidades da federação**. Brasília, DF: MMA/IBAMA/CEPENE. 2007. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/recursos-pesqueiros/wp-content/files/estatistica_2007.pdf. Acesso em: 13 mar. 2015.

FAO/ WHO. **Multiple sectors, stakeholders join forces to combat malnutrition at ICN2**. Food and Nutrition Division-FAO. Rome: FAO, 2015. Disponível em: <http://www.fao.org/about/meetings/icn2/news/news-detail/en/c/271013>. Acesso em: 14 ago. 2015.

FERNANDES, T. M. **Aproveitamento dos subprodutos da indústria de beneficiamento do camarão na produção de farinha.** Dissertação (Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa – PB, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of Food and Agriculture 2013.** Food systems for better nutrition. Roma: FAO, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2014.** Roma: FAO, 2014, 223 p. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>. Acesso em: 23 jul.2015.

FOOD INGREDIENTS BRASIL. **Propriedades funcionais das proteínas do peixe.** [s.l.] [s.n.], N° 8, 2009.

FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO - FSADU. **Estudo de Impacto Ambiental-EIA/Relatório de Impacto do Meio Ambiente-RIMA da Refinaria Premium I.** Volume 4: Meio Antropico. São Luís/MA: UFMA, 2008a.

GERMANO, Pedro Manuel Leal; GERMANO, Maria Izabel Simões. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos.** Barueri, SP: Manole, 2008.

GIANESELLA, S. M. F.; SALDANHA-CORRÊA, F. M. P. **Sustentabilidade dos oceanos.** São Paulo: Blucher, 2010, (Série Sustentabilidade; v. 7, José Goldemberg. Coord.).

GOCOS, C. A. Dietary ômega-3 polyunsaturated fatty acids plus vitamin E retore immunodeficiency and prolong survival for several ill patients with generalized malignancy. **Cancer**, [s.l.], v. 82, p. 395-402, 1998.

GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E; BARROS, M.M. Efeitos da suplementação de fitase sobre a disponibilidade aparente de Mg, Ca, Zn, Cu, Mn e Fe em alimentos vegetais para a tilápia do Nilo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, [s.l.], v. 34, n. 6, p. 2155-2163, 2005.

GREENFIELD, H.; SOUTHGATE, D. A. T. **Food Composition Data.** Production, Management and Use. 2nd Edition. Rome: FAO, 2003. Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y4705e/y4705e.pdf>. Acesso em: 24 dez. 2015.

HAGSTRUP, C. J. Fish consumption, n-3 fatty acids in cell membranes, and heart rate variability in survivors of myocardial infarction with left ventricular dysfunction. **J. Lip. Rev.**, [s.l.], p. 236-241, 2000.

HAHN, Norma Segatti; FUGI, Rosamara; ADRIAN, I. F. Trophic ecology of the fish assemblages. *In*: Thomaz, S. M.; Agostinho, A. A.; Hahn, N. S. (eds.). The upper Paraná river and its floodplain physical aspects, ecology and conservation. Leiden: Backhuys Publishers, 2004. p. 247-259.

HENDERSON, R. J.; TOCHER, D. R. The lipid composition and biochemistry of freshwater fish. **Lipid. Res.**, [s.l.], v.26, p. 281-347, 1987.

HIBBELN, J. R.; SALEM, N. Dietary polyunsaturated fatty acids and depression: when cholesterol does not satisfy. **Am J Clin Nutr**, [s.l.], v. 62, p. 1-9, 1995.

HODGEL, L. Consumption of oil fish and childhood asthma risk. **Med J Australia**, [s.l.], v. 164, p. 137-140, 1996.

HU, F.B. *et al.* Dietary saturated fats and their food sources in relation to the risk of coronary heart disease in women. **Am. J. Clin. Nutr.**, Bethesda, v. 70, p. 1001-1008, 1999.

IMIRANTE, 2015. Disponível em: <http://imirante.com/sao-luis/noticias/2015/02/28/como-funciona-o-sistema-de-abastecimento-de-agua-de-sao-luis.shtml>. Acesso em: 5 jan. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. **Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos**. Ed. IV. 1ª. ed. Digital. São Paulo, SP: NIT/IAL, 2008. Disponível em: http://www.crq4.org.br/sms/files/file/analisedealimentosial_2008.pdf. Acesso em: 11 out. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo 2010**. [s.l.] [s.n.]. Disponível em: <http://censo2010.ibge.gov.br/resultados.html>. Acesso em: 15 ago. 2015

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio – Maranhão**. 2013. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/estadosat/temas.php?sigla=ma&tema=pnad_seguranca_alimentar_2013. Acesso em: 15 ago. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Subsídios ao zoneamento ecológico-econômico da bacia do rio Itapecuru – MA: diretrizes gerais para ordenação territorial**. Primeira Divisão de Geociência do Nordeste. Rio de Janeiro: IBGE, 1998.

ISMAIL, A.; IKRAM, E. H. K. Effects of cooking practices (boiling and frying) on the protein and amino acids contents of four selected fishes. **Nutr. Food Sci.**, Charlton, v. 34, n. 2, p. 54-59, 2004.

JESUS, T. B.; FERNANDEZ, L. G.; QUEIROZ, A. F. de S. Avaliação da concentração de cádmio, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco em Anomalocardia brasiliana (Gmelin, 1791) provenientes de zonas de manguezal da região de São Francisco do Conde e Madre de Deus, Recôncavo Baiano, BA. **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.**, [s.l.], v. 3, n. 1, p. 77-84, 2008.

KARAPANAGIOTIDIS, I. T., YAKUPITIYAGE, A.; LITTLE, D. C.; BELL, M. V.; MENTE, E. The nutritional value of lipids in various tropical aquatic animals from rice–fish farming systems in northeast Thailand. **Journal of Food Composition and Analysis**, [s.l.], v. 23, p. 1–8, 2010.

KULLANDER, Sven O.; NIJSSEN, Han. **The cichlids of Surinam: Teleostei, Labroidei**. Leiden: Brill, 1989.

LEDERER, Jean. **Enciclopédia moderna de higiene alimentar**. São Paulo: Manole Dois, 1991.

LIMA, M. M.; MUJICA, P. I. C.; LIMA, A. M. Caracterização química e avaliação do rendimento em filés de caranha (*Piaractus mesopotamicus*). **Brazilian Journal of Food Technology**, IV SSA, p. 41–46, 2012.

MAHAN, Kathleen L.; ESCOTT-STUMP, Sylvia. **Krause: Alimentos, Nutrição e Dietoterapia**. 11^a Ed. São Paulo: Roca, 2005.

MAIA, Everardo L.; OLIVEIRA, Cláudia C. S. de; SANTIAGO, André P.; CUNHA, Francisca E. A.; HOLANDA, Francisco C. A. F.; SOUSA, Janaína A. Composição química e classes de lipídios em peixes de água doce Curimatã comum, *Prochilodus cearensis*. **Rev. Cienc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 19, n. 3, p. 433-437, 1999.

MARTIN, Roy E; CARTER, Emily Pain.; JÚNIOR, Jorge J. Flick; DAVIS, Lynn M. **Marine and freshwater products handbook**. Pennsylvania: Technomic Publishing Company, 2000.

MAURÍCIO, H. V. Pesca e alimentação no Brasil – Pesca: sua importância alimentar. **Arq. Bras. Nutr.**, Rio de Janeiro, n. 18, v. 1-2, p. 49-63, 1962.

MEDEIROS, R. **Itapecuru: águas que correm entre pedras**. São Luís-MA: ABES, 2001.

MÉNDEZ, E. Lipid content and fatty acid composition of fillets of six fishes from the Rio de La Plata. **J. Food Compos. Anal.**, San Diego, v. 9, p. 163-170, 1996.

MENEZES, Maria Emilia da Silva. **Valor nutricional de espécies de peixes (água salgada e estuário) do Estado de Alagoas**. 2006. 122 f. Dissertação (Mestrado em Química e Biotecnologia) - Instituto de Química, Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2006. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/bitstream/rifal/1084/1/MariaEmiliadaSilvaMenezes.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2015.

MERRILL, A. L.; WATT, B. K. Energy value of food basis and derivation. Washington, DC: Human Nutrition Research Branch/ Agricultural Research Service. **Agricult. Handbook**, n. 74, p. 123, 1973. Disponível em: <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/80400525/Data/Classics/ah74.pdf>. Acesso em: 12 out. 2015.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**. Brasília, DF: MPA, 2014. Disponível em: http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf. Acesso em: 21 jul. 2015.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura**. Brasília, DF: MPA, 2011. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/files/docs/Boletim_MPA_2011_pub.pdf. Acesso em: 20 jul. 2015.

MINISTÉRIO DA PESCA E AQUICULTURA - MPA. **Boletim Estatístico da Pesca e Aquicultura – Brasil 2010**. Brasília, DF: MPA/IBGE, 2012. Disponível em: http://www.mpa.gov.br/files/docs/Informacoes_e_Estatisticas/Boletim%20Estat%C3%ADstico%20MPA%202010.pdf. Acesso em: 21 jul. 2015

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Panorama da conservação dos ecossistemas costeiros e marinhos no Brasil**. Brasília: MMA, 2010. Disponível em:

http://www.mma.gov.br/estruturas/205/_publicacao/205_publicacao0302011100749.pdf. Acesso em: 05 ago. 2015.

MITIC, S. S.; PAVLOVIC, A. N.; TOSIC, S. B.; STOJANOVIC, B. T.; MITIC, M. N.; STOJKOVIC, M. B. Elemental composition of various apple cultivars grown in Serbia. **Asian Journal of Chemistry**, [s.l.], v. 25, p. 6027–6032, 2013.

NASCIMENTO, A. E; MOUCHRECK FILHO, V. E. **Noções de análises físico-químicas de alimentos. Maranhão**. Programa de Controle de Qualidade de Alimentos e Água do Departamento de Tecnologia Química – Universidade Federal do Maranhão. São Luís, [s.l.], 2006.

NESTEL, P.J. Fish oil and cardiovascular disease: lipids and arterial function. **Am. J. Clin. Nutr.**, Bethesda, v. 71, suppl., p. 228S-231S, 2000.

NOTA INFORMATIVA - MERCOSUR. **II Conferência Internacional de Nutrição (ICN2)**. Nota Informativa. Grupo de Trabalho de Segurança Alimentar e Nutricional Mercosul. Assessoria de Assuntos internacionais do MS. Brasília, DF: MS. abr. 2015. Disponível em: http://www.mercosur.int/innovaportal/file/6263/1/notainformativa_nutricao_mercosur.docx. Acesso em: 14 ago. 2015.

NÚCLEO GEOAMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - NUGEO. **Bacias Hidrográficas: Subsídios para o planejamento e a gestão territorial**. Relatório Técnico, [s.l.] [s.n.], 2011.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. Departamento de Assuntos Econômicos e Sociais, Divisão de População. **Perspectivas da População Mundial: Revisão de 2015, Principais Conclusões e Tabelas Avançadas**. Nova York, 2015. Disponível em: http://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf. Acesso em: 04 ago. 2015.

OSMAN, H. Fatty acid composition and cholesterol content of selected marine fish in Malaysian waters. **Food Chemistry**, [s.l.], v.73, p. 55-60, 2001.

PARK, Kil Jin; ANTONIO, Graziella Colato. **Análises de materiais biológicos**. Campinas: UNICAMP, 2006.

PINHEIRO, Adão. Futuro Próspero. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura**. Brasília, DF: MPA. 2014. p.12-14. Disponível em: http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf. Acesso em 22 jul. 2015.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, p. 43-60, 2008.

RAHMAN, A.M.A.; KAMATH, S.; LOPATA, A.L.; HELLEUER, R.J. Analysis of the allergenic proteins in black tiger prawn (*Penaeus monodon*) and characterization of the major allergen tropomyosin using mass spectrometry. **Rapid Communications in Mass-Spectrometry**, London, v. 24, p. 2462-2470, 2010.

- RATHA, D.; AGRAWAL, V.P. A digraph permanent approach to evaluation and analysis of integrated watershed management system. **Journal of Hydrology**, [s.l.], v. 525, p. 188–196, 2015.
- SALES, Ronaldo de Oliveira; MONTEIRO, José Carlos Sabino. Estudo da composição química e rendimento de quatro espécies marinhas de interesse comercial. **Rev. Ciên. Agron.**, Fortaleza, v. 19, n. 1, 1988.
- SANTOS, Carlos Alberto Muylaert Lima dos. *A qualidade do pescado e a segurança dos alimentos*. In: Simpósio de Controle do Pescado, 2, São Paulo, 2006. **Anais....** São Paulo: Instituto de Pesca, 2006. Disponível em: ftp://ftp.sp.gov.br/ftppesca/qualidade_pescado.pdf. Acesso em: 22 jul. 2015.
- SANTOS, Ligia Amparo da Silva. Educação alimentar e nutricional no contexto da promoção de práticas alimentares saudáveis. **Revista de Nutrição**, [s.l.], v.18, n.5, p.681-692, 2005.
- SANTOS, R.F. **Planejamento Ambiental: Teoria e Prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- SCHMIDT, M. A. **Gorduras inteligentes**. São Paulo: Editora Roca Ltda, 2000.
- SECRETARIA DE ESTADO E DE INSÚSTRIA E COMÉRCIO DO MARANHÃO - SEINC. **Distritos Industriais**. 2015. Disponível em: <http://www.seinc.ma.gov.br/distritos-industriais/>. Acesso em: 22 de dez. 2015.
- SILVA, D. J.; CONCEIÇÃO, G. M. Rio Itapecuru: Caracterização Geoambiental e Socioambiental, Município de Caxias, Maranhão, Brasil. **Scientia Plena**, [s.l.], v. 7, n. 1, p. 1-26, 2011.
- SIMPOULOS, A. C. Essential fatty acids in health and chronic disease. **Am. J. Nutr.**, Bethesda, v. 70, suppl., p. 560S-569S, 1999.
- SISCOVICK, D.S. *et al.* Dietary intake of long-chain n-3 polyunsaturated fatty acids and the risk of primary cardiac arrest. **Am. J. Clin. Nutr.**, Bethesda, v. 71, suppl., p. 208S- 12S, 2000.
- SOARES, L. S. **Planejamento Ambiental Integrado: Subídios para o Desenvolvimento Sustentável das Sub-Bacias Hidrográficas do Baixo Curso do Rio Itapecuru, Maranhão**. 2016. 203 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal do Piauí, 2016.
- STANSBY, Maurice Earl. **Industrial Fishery Technology**. 2^a ed. Nova York: Robert E. Krieger Publishing Company, 1976.
- STRIDE, Richard Kenneth. **Diagnóstico da pesca artesanal marinha do estado do Maranhão**. São Luís, MA: CORSUP/EDUFMA, v. 2, 1992.
- TEODORO, V. L. I.; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, v. 20, p. 137-157, 2007.

TIDWELL, D. K.; MCNAUGHTON, J. P.; PELLUN, L. K.; MCLAURIN, B. P.; CHEN, SUI-CHI. Comparison of effects of adding fish high or low in n-3 fatty acids to a diet conforming to the Dietary Guidelines for Americans. **J. Am. Diet. Ass.**, v. 93, n. 10, p. 1124-1128, 1993.

TORLONI, C. E. C.; SANTOS, J. J. CARVALHO JR., CORRÊA, R. A. **A pescada-do-piauí: *Plagioscion squamosissimus* (Heckel, 1840) (Osteichthyes, Perciformes), nos reservatórios da Companhia Energetica de São Paulo - CESP.** São Paulo, Serie de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 84, 1993.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

VANIN, Alexsandro. Mãos à Obra: Aquicultura é a última fronteira do agronegócio a ser explorada de maneira sustentável. **1º Anuário Brasileiro da Pesca e Aquicultura.** Brasília, DF: MPA, 2014. 136 p. Disponível em: http://formsus.datasus.gov.br/novoimgarq/16061/2489520_218117.pdf. Acesso em 22 jul. 2015.

VAZZOLER, A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes teleósteos: teoria e prática.** Maringa: EDUEM, 1996.

VICENZI, Raul. Apostila de Análise de Alimentos. *In: Curso de Química Industrial de Alimentos.* Rio Grande do Sul: Universidade Regional do Norte do Estado do Rio Grande do Sul, 2008.

VILA NOVA, Cândida M. Vieira Maia; GODOY, Helena Texeira; ALDRIGUE, Mauro Luiz. Composição Química, Teor de Colesterol e Caracterização de Lipídeos Totais de Tilápia (*Oreochromis niloticus*) e Pargo (*Lutjanus purpureus*). **Ciênc. e Tecnol. Aliment.**, Campinas, n. 25, v. 3, p. 430-436, 2005.

VISENTAINER, Jesuí Vergilio *et al.* Concentração de ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenóico (DHA) em peixes marinhos da costa brasileira. **Rev. Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 20, n. 1, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010120612000000100017&nrm=iso&tlng=PT. Acesso em: 15 jun. 2015.

WATANABE, T; KIRON, V.; SATOH, S. Trace minerals in fish Nutrition. **Aquaculture**, [s.l.], v. 151, p. 185-207, 1997.

APÊNDICE A - METODOLOGIA DAS COLETAS E ANÁLISES DE CAMPO

Para este estudo são apresentados dados referentes a coletas trimestrais realizadas nos meses de junho/2012 a maio/2013, em três estações distintas, localizadas no trecho inferior do Rio Itapecuru, entre o sistema de captação de água ITALUÍS e a foz no município de Rosário (Figura 30), atribuindo-se às essas estações as seguintes identificações: Ponto 01-Santa Luzia, Ponto 02-São Miguel e Ponto 03-Rosário, vistas em mais detalhes da Figura 31 a Figura 34.

Figura 30 - Mapa de localização do trecho inferior do rio Itapecuru.

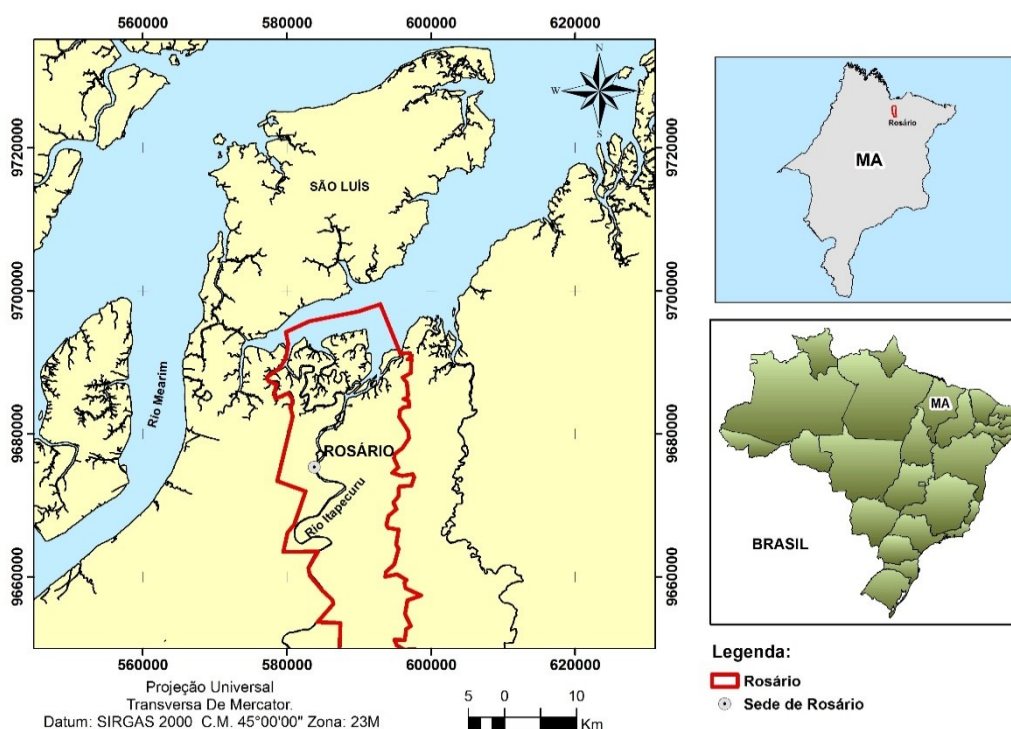


Figura 31 - Foto panorâmica do ponto P1 (Santa Luzia), com detalhe do apetrecho de pesca (Malhadeira) sendo utilizado na captura da ictiofauna, no Rio Itapecuru – MA.



Figura 32 - Foto panorâmica da área e detalhes do desenvolvimento de amostragem da ictiofauna presente no ponto P2 (São Miguel) no Rio Itapecuru – MA.



Figura 33 - Foto panorâmica da área do ponto P3 (Rosário) para a amostragem da ictiofauna na área de influência direta (AID) do empreendimento Refinaria Premium I – MA.

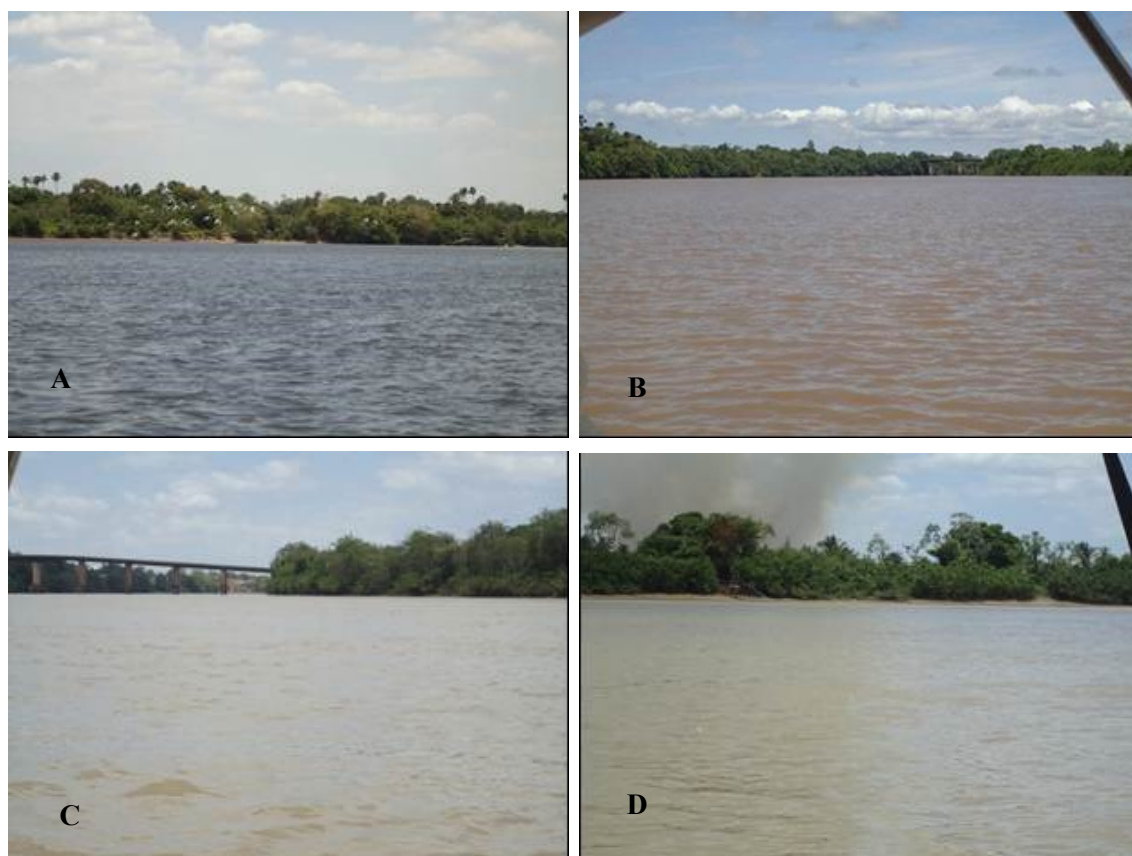


Figura 34 - Recolhimento da malhadeira por pescador artesanal da região – trecho Santa Luzia.



Estes pontos (P01, P02 e P03) de coleta, cujas coordenadas são apresentadas abaixo no Quadro 2 foram selecionados em função da característica e localização. Assim, esse conjunto de amostras, viabiliza uma análise comparativa entre os pontos amostrais sobre a estrutura, composição e abundância das comunidades investigadas, além de proporcionarem uma melhor avaliação do componente da ictiofauna devido apresentarem, em conjunto, boa distribuição de toda a gama das espécies de peixes existentes na área.

Quadro 2 - Lista de coordenadas dos pontos de coleta. Coordenadas UTM (Fuso 23, meridiano central 45°, Datum horizontal SAD-69).

Pontos	Coordenadas (UTM)	
	Latitude	Longitude
P01	582877	9661591
P02	581453	9667545
P03	584426	9673754

APÊNDICE B - METODOLOGIA DAS ANÁLISES DE LABORATÓRIO

Dos exemplares capturados foram selecionados indivíduos de 7 espécies para a retirada do tecido muscular, utilizando como critério o volume de captura e o potencial de comercialização. As amostras consideraram as boas condições organolépticas das espécies independentes de tamanho e sexo. Foram selecionados os seguintes taxons: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp., *Prochilodus lacustris*, *Schizodon dissimilis*, *Ageneiosus ucayalensis* e *Hypostomus plecostomus*, os quais foram tomadas as medidas morfométricas de comprimento total (cm), peso total (g) e identificado o sexo.

Alguns indivíduos de cada espécie foram filetados, desconsiderando-se o sexo, diferenças anatômicas e características fisiológicas. Em seguida, para amostra, retirou-se uma porção, em média de 200g de carne da região latero-mediana (filé-musculatura abdominal), sem pele e sem espinha, representativa da parte comestível de cada exemplar. Posteriormente, as amostras, acondicionadas em sacos plásticos de polietileno, devidamente identificadas e congeladas a - 17°C, até o momento da realização das análises. Em seguida conduzidas, para o Laboratório de Controle de Qualidade de Alimentos e Água do Departamento de Tecnologia Química da Universidade Federal do Maranhão, onde as análises foram realizadas.

Determinação da composição centesimal

Após homogeneização, realizaram-se as seguintes determinações segundo os Métodos físico-químicos para análises de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008):

Umidade: determinada pela perda de peso em estufa regulada a 105°C.

Cinzas: obtidas por incineração de uma quantidade conhecida da amostra, em mufla a 550°C, até obtenção de peso constante.

Proteínas: determinadas pelo método Kjeldhal, que consiste na determinação do nitrogênio total. Para converter o resultado em proteína bruta foi utilizado o fator 6,25.

Lipídeos totais: extraídos a frio pelo método de Soxhlet.

O **valor calórico total** foi calculado a partir dos coeficientes calóricos correspondentes para proteínas e lipídeos, respectivamente, 4 e 9 kcal/g.

A metodologia destas análises laboratoriais se encontra em detalhes a seguir descritas.

Para a efetivação das análises acima citadas, a parte mediana do músculo, previamente retirada dos espécimens de pescados amostrados, era seccionada (Figura 35) e em seguida triturada em liquidificador doméstico até total homogeneização das mesmas, para

obtenção de uma massa compacta, para conseqüente início das análises, realizadas segundo os Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos do Instituto Adolf Lutz (IAL, 2008), sendo todas as amostras processadas em triplicata.

Figura 35 - Amostra de pescado seccionada como preparação para serem homogeneizadas.



1 UMIDADE

As análises de umidade foram realizadas pelo método direto, de perda de peso, consistindo na pesagem de 5g da amostra do pescado em cápsula de porcelana previamente lavadas com água destilada e aquecidas em estufa a 105° C, durante 1 hora. Depois deste período, a cápsula era acondicionada em dessecador até atingirem a temperatura ambiente, em seguida pesadas em balança analítica de alta precisão e taradas para aferição exata da massa necessária da amostra (5g).

O conjunto cápsula e amostra eram levados a estufa a 105° C aonde permanecia por 3 horas. Em seguida eram conduzidas ao dessecador, para resfriamento, onde permaneciam até alcançarem temperatura ambiente, e em seguida pesadas. Essa operação de aquecimento e resfriamento era repetida sucessivamente até obtenção de peso constante. Verificando-se peso constante, em duas pesagens consecutivas, no mesmo intervalo de tempo, constata-se que a amostra não contém mais umidade (NASCIMENTO E MOUCHRECK FILHO, 2006).

O valor da umidade é expresso pela equação abaixo:

$$\frac{100 \times N}{m} = \text{umidade}(\%) \text{ a } 105^{\circ} \text{C} \quad \text{Equação (1),}$$

Onde:

N = perda de peso em gramas da amostra;

m = massa da amostra em gramas.

2 CINZAS

A determinação do teor de cinzas, também chamada de resíduo mineral fixo, ou minerais totais, é obtida por aquecimento, em temperatura controlada de 550 – 600° C, da matriz orgânica por 4 horas e pesagem da matriz inorgânica ao final, segundo método descrito por Vicenzi (2008) e Greenfield e Southgate (2003).

Segundo Park e Antonio (2006), a cinza de uma amostra de alimento fornece uma indicação da riqueza da matéria inorgânica desta amostra, isto é, é o resíduo inorgânico que permanece após a queima de matéria orgânica de uma amostra, sendo constituída principalmente de grandes quantidades de K, Na, Ca e Mg; pequenas quantidades de Al, Fe, Cu, Mn e Zn e traços de Ar, I, F e outros elementos.

Para os autores Park e Antonio (2006), a cinza obtida não é necessariamente da mesma composição que a matéria mineral presente originalmente no alimento, pois pode haver perda por volatilização ou alguma interação entre os constituintes da amostra. Ainda segundo eles, os elementos minerais se apresentam na cinza sob a forma de óxidos, sulfatos, fosfatos, silicatos e cloretos, dependendo das condições de incineração e da composição do alimento, podendo ocorrer algumas mudanças como oxalatos de cálcio podem ser transformados em carbonatos, ou até em óxidos, e a composição da cinza dependerá da natureza do alimento e do método de determinação utilizado. Por isso recomendam que amostras com alto teor de umidade devam sofrer secagem antes da incineração, sendo portanto, muitas vezes mais vantajoso, combinar a determinação direta de umidade e a determinação de cinzas.

Para esta análise, foram pesadas 3g da amostra em cadinho de porcelana previamente lavado com água destilada e incinerado em forno mufla a 600° C por 1 hora, resfriado em dessecador, onde permanecia até atingir temperatura ambiente e após era pesado em balança analítica de alta precisão, tara e pesagem da amostra. A amostra era então carbonizada em bico de Bunsen, durante aproximadamente 1 hora, até não mais exalar vapores e ficar na forma de carvão - tal procedimento é necessário com o intuito de diminuir a emissão de “fuligem”, fumaça, dotada de partículas carbonizadas em suspensão, do material introduzido na mufla. Em seguida o material era levado, já frio, ao forno mufla, cuja temperatura era gradativamente aumentada até atingir 600° C, sendo incinerado durante 4 horas, devendo as

cinzas ficarem brancas ou ligeiramente acinzentadas, caso contrário, era esfriado, e adicionado 0,3 ml de água, deixado secar e levado a incinerar novamente. Este, então era conduzido ao dessecador, onde permanecia até atingir temperatura ambiente, e pesado. As operações de aquecimento e resfriamento eram repetidas até obtenção de peso constante de cinzas (Figura 36).

Figura 36 - Vista do material já carbonizado, cinzas.



O valor de cinza era determinado por meio da seguinte equação:

$$\frac{100 \times N}{m} = \text{cinzas\% a } 600^{\circ}\text{C} \quad \text{Equação (2),}$$

Onde:

N = massa em gramas da cinza;

m = massa da amostra em gramas.

3 LIPÍDIOS

Os lipídios são compostos orgânicos altamente energéticos, insolúveis em água, mas solúveis em solventes orgânicos e o resíduo obtido não é constituído unicamente por lipídios, mas por todos os compostos que, nas condições da determinação, possam ser extraídos pelo solvente (IAL, 2008). São constituídos de carbono, hidrogênio e oxigênio, com predomínio

de hidrogênio, desprendendo maior número de calorías em sua combustão do que os carboidratos, que também são compostos de carbono, hidrogênio e oxigênio (NASCIMENTO E MOUCHRECK FILHO, 2006).

A determinação de lipídios em alimentos é feita por vários métodos, os lipídios em peixes neste estudo, foi feita pelo método de Soxhlet, que se dá pela extração, com solventes, neste caso hexano, seguida de remoção por evaporação do solvente empregado (VICENZI, 2008; GREENFIELD E SOUTHGATE, 2003).

A extração de gordura por este método foi feita mediante o uso do aparelho denominado extrator de Soxhlet, que consiste em condensadores, que são acoplados a balões de fundo chato (balões volumétricos), previamente aquecido por uma hora em estufa a 105° C, resfriado em dessecador até a temperatura ambiente e tarado.

Nessa análise era feita pesagem de 5 g da amostra do pescado em cartucho apropriado para este tipo de análise pertencente ao aparelho de extração de Soxhlet, sendo coberto por um pedaço de algodão desengordurado (Figura 37).

Figura 37 - Pesagem da amostra do pescado em cartucho apropriado.



O cartucho com a amostra era depositado no extrator de Soxhlet e acoplado ao condensador que por sua vez se acoplavam ao balão volumétrico do sistema, sofrido os cuidados prévios citados anteriormente. O solvente hexano era despejado posteriormente até mais ou menos a metade do balão. Em seguida, os conjuntos contendo as amostras e solvente eram colocadas para condensar em Bateria de Sebelim por 6 horas (Figura 38).

Figura 38 - Vista da Bateria de Sebelim promovendo a extração de gordura.



Evaporado o solvente, colocou-se o balão com resíduo na estufa a 105° C para evaporar o solvente restante, para em seguida resfriar-se em dessecador até a temperatura ambiente, e pesando em seguida.

O teor de lipídios era determinado pela equação:

$$\frac{100 \times N}{m} = (\%) \text{ lipídios} \quad \text{Equação (3),}$$

Onde:

N = massa em gramas de lipídios;

m = massa da amostra em gramas.

4 PROTEÍNAS

São substâncias compostas por carbono, hidrogênio e nitrogênio, tendo alguns outros elementos presentes tais como: fósforo, ferro e o enxofre, etc, agindo também como elemento energético na ausência de carboidratos e gorduras (NASCIMENTO E MOUCHRECK FILHO, 2006). Ainda segundo o autor supra, depois da água, as proteínas representam as partes mais importante de animais e vegetais, sendo os primeiros os mais ricos em proteínas. E ainda, estas se classificam de acordo com sua composição química em: Holoproteínas, que produzem apenas aminoácidos, por meio de hidrólise; e Heteroproteídios ou proteídios, que por meio da hidrólise, além de aminoácidos produzem outros produtos.

Segundo Santos (2004) as proteínas são moléculas complexas, constituídas de aminoácidos, sendo que 20 deles compõem a maioria das proteínas, sendo este o mais

importante nutriente para a vida, crescimento e produção dos peixes. São compostos essenciais que exercem papel central na estrutura e funcionamento de todos os organismos vivos, perfazendo em torno de 65 a 75% da matéria seca. Depois da água, as proteínas formam a maior porção do corpo dos peixes, variando, em média, de 15 a 20%.

O teor proteico na carne do peixe varia de espécie para espécie, nos indivíduos da mesma espécie, idade, disponibilidade de alimentos e dispêndio de energia e ainda está relacionado com a estação do ano e/ou período da reprodução (SANTOS, 2004).

As proteínas se classificam de acordo com sua composição química em: Holoproteínas, que produzem apenas aminoácidos, por meio de hidrólise; e Heteroproteídeos ou proteídeos, que por meio da hidrólise, além de aminoácidos produzem outros produtos. .

Os peixes formam suas gorduras a partir de outras gorduras, de carboidratos ou de proteínas ocorrentes nos alimentos. Ao contrário, as proteínas só podem ser formadas a partir de aminoácidos, obtidas pela quebra de proteínas ingeridas por aqueles animais. Por isto, eles devem consumir estes nutrientes para o suprimento contínuo de aminoácidos. Após a ingestão, as proteínas são digeridas ou hidrolisadas para liberarem aminoácidos livres, que são absorvidos através da parede do tubo digestivo e distribuídos pelo sangue para vários órgãos, onde são usados para sintetizar novas proteínas, destinadas ao crescimento, reprodução e reparação de tecidos. Se o peixe não estiver ingerindo quantidade suficiente de proteína, ocorrerá rápida redução e paralisação do crescimento ou perda de peso, porque o animal a retirará do próprio corpo para manter as funções vitais (SANTOS, 2004)

Os peixes, principalmente carnívoros, parecem viver e crescer melhor quando consomem dietas com altos teores protéicos, até 35% da matéria seca. Espécies herbívoras prosperam com baixos níveis relativos deste nutriente, até 20% ou menos da matéria seca.

Para esse estudo a determinação de protídeos foi baseada na análise de nitrogênio orgânico total, feita pelo método de Kjeldahl, que consiste na determinação de nitrogênio compreendida em 3 etapas distintas (digestão, destilação e titulação). Neste método, por meio de uma digestão ácida, o nitrogênio da amostra é transformado em sulfato de amônio $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, o qual é posteriormente separado por destilação na forma de hidróxido de amônia (NH_4OH) e finalmente determinado pela titulação, assim, a matéria orgânica é decomposta e o nitrogênio existente é finalmente transformado em amônio (NASCIMENTO E MOUCHRECK FILHO, 2006). O valor da proteína total foi calculado multiplicando-se, ao teor de nitrogênio encontrado na amostra, o fator empírico de correção de 6,25 (caso de alimentos de origem animal dado pela ANVISA), cujo valor foi obtido baseado na premissa de que as diferentes proteínas possuem um total de 16% de nitrogênio (GREENFIELD E SOUTHGATE, 2003).

Para se proceder esta análise no presente estudo, era pesado e embrulhado 0,1g da amostra, em papel com ausência de nitrogênio e de preferência impermeável (papel de seda), e transferido para um tubo de Kjeldahl (papel+amostra), juntamente com 2,0ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4), (responsável pela degradação da matéria orgânica), e adicionado 1,0g de uma mistura catalítica de sulfato de potássio (K_2SO_4), (responsável pelo aumento do ponto de ebulição do H_2SO_4) e selênio (Se) (catalizador), numa proporção de 2:1 (Figura 39). Em seguida, para digestão do carboidrato, tudo era aquecido em uma chapa elétrica apropriada, na capela, esfriando-se em seguida (Figura 40).

Figura 39 - Tubos de Kjeldahl contendo as amostras e adicionado H_2SO_4 (K_2SO_4 e Se).

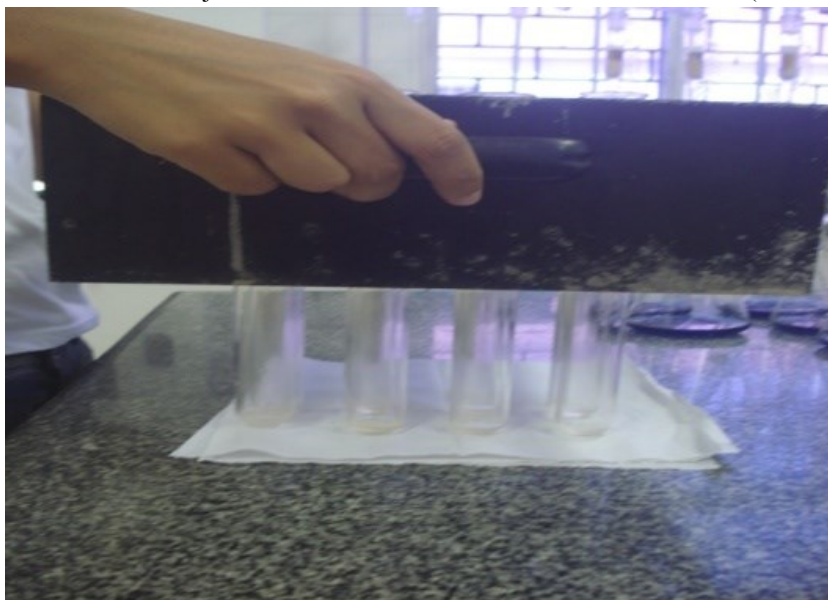
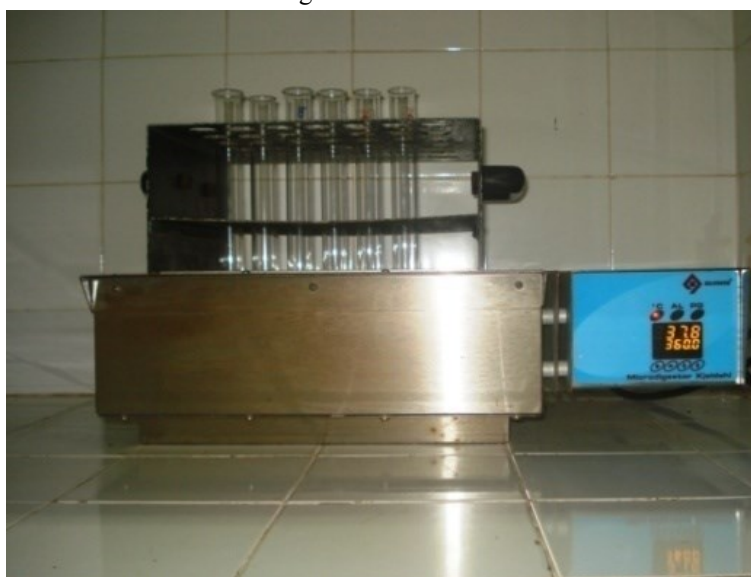


Figura 40 - Conjunto de tubos de Kjeldahl sendo aquecido em uma chapa elétrica apropriada, na capela – Digestão da amostra.



Nesta primeira fase (digestão), com o aquecimento, o nitrogênio orgânico é transformado em amônio, e o carbono contido na matéria orgânica é oxidado e o CO_2 se desprende, até ao final a solução se tornar clara, depois de passar por uma fase bastante escura, no início da digestão.

Daí, parte-se para a segunda fase (destilação), fase em que o gás amônia, tratado com hidróxido de sódio (NaOH), é liberado e recolhido em solução receptora. Para tanto, acrescentava-se aproximadamente 2ml (o suficiente para dobrar o volume) de água destilada seguido de 1ml (aproximadamente 10 gotas) do indicador fenolftaleína, para garantir um ligeiro excesso de base, mais 15 ml de hidróxido de sódio (NaOH) a 40% em excesso para neutralizar o ácido sulfúrico colocado na digestão.

Adapta-se o tubo ao conjunto de destilação, mergulha-se a extremidade afilada do condensador em 25 ml de ácido clorídrico (HCl) 0,02 N recebido em um erlenmeyer, e 3 gotas do indicador misto de Petterson (vermelho de metila e azul de metileno) na proporção 5:1 que, no início era de cor rosa, adquirindo a cor verde à medida que se vai formando o NH_4Cl . O conjunto permanecia assim durante 5 minutos (Figura 41).

Figura 41 - Vista do aparelho destilador de nitrogênio.



Após esse período procedia-se com a fase de titulação, onde o excesso de HCl é titulado com solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,02 N, (Figura 42), com fator conhecido até viragem do indicador (titulação por retorno) (Figura 43).

Figura 42 - Fase de Titulação.

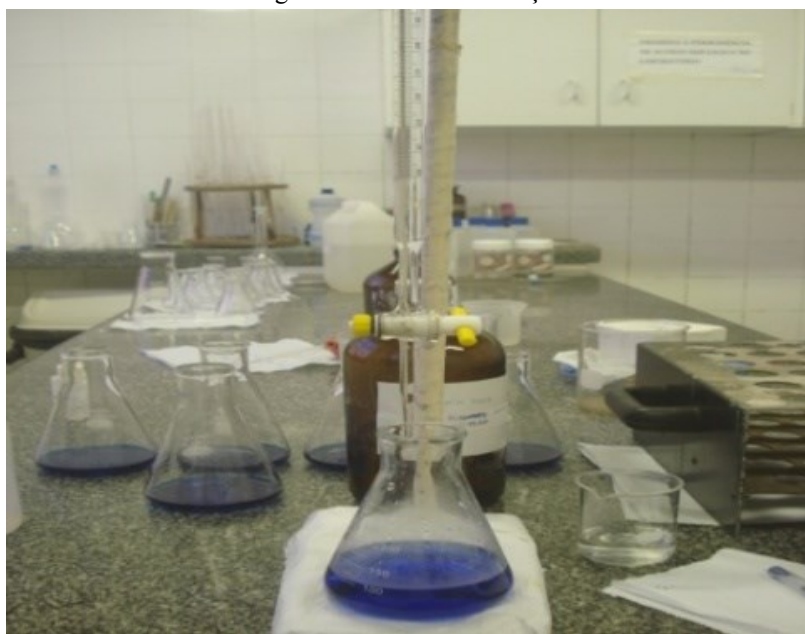
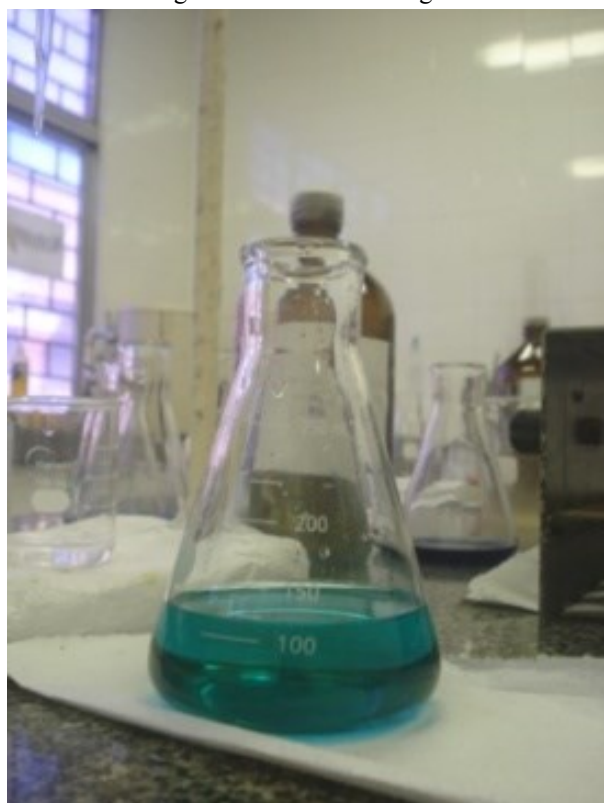


Figura 43 - Ponto de viragem.



A percentagem do nitrogênio é expressa pela equação:

$$\%N = \frac{V \times C \times 14 \times 100}{m}$$

Equação (4)

Onde:

V = diferença entre o volume de ácido clorídrico (HCl 0,02 N) adicionado e o volume de hidróxido de sódio (NaOH 0,02 N) gastos na titulação da amostra em ml.

C = concentração da solução de hidróxido de sódio

F = fator de padronização da solução de hidróxido de sódio

14= equivalente-grama do nitrogênio

m = massa da amostra em gramas

A porcentagem de proteína é expressa pela equação abaixo:

$$\%P = \%N \times 6,25 \quad \text{Equação (5)}$$

Onde:

6,25 = fator de conversão para proteína animal.

5 VALOR CALÓRICO

O valor calórico é a quantidade de calor em teor de calorias (kcal) desprendida pela combustão de um grama de uma substância no organismo, sendo esta uma unidade utilizada para expressar a energia produzida pelos alimentos, ou ainda, o teor de calorias dos alimentos.

É sabido que 1 g de carboidratos e proteínas fornece 4 kcal ao organismo e que 1 g de lipídios é capaz de fornecer 9 kcal ao organismo (MERRILL E WATT, 1973; U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2012). A Portaria no. 33/98 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde, adota os valores constantes das tabelas do anexo desta portaria como níveis de IDR (Ingestão Diária Recomendada) para as vitaminas, minerais e proteínas (BRASIL, 1998).

Sendo assim, a determinação de valor calórico, neste estudo, foi determinada pelo somatório das proteínas, lipídios e carboidratos obtidos nas análises, multiplicados por seus coeficientes calóricos correspondentes respectivos (4,9 e 4 Kcal/g), através da seguinte equação:

$$\text{Valor calórico (kcal/ 100g)} = (P \times 4) + (L \times 9) + (C \times 4) \quad \text{Equação (7)}$$

Onde:

P = valor da proteína (%)

L = valor de lipídios (%)

C = valor de carboidratos (%)

Os resultados das análises físico-químicas aqui obtidas, deram origem ao Artigo contido no CAPÍTULO 2 desta Tese de Doutorado e publicado no **Donnish Journal of Agricultural Research**, V. 3(1) pp. 001-007 January, 2016, com o Título:

Evaluation of the Chemical Composition of Fish Species Captured in the lower Stretch of Itapecuru River, Maranhão, Brazil.

Disponível em: <http://www.donnishjournals.org/djar>

Determinação dos Constituintes Minerais

As cinzas das amostras obtidas no Laboratório do Controle de Qualidade de Alimentos e Água do Departamento de Tecnologia Química da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) foram transportadas para o Laboratório de Química de Solo do Centro Tecnológico de Engenharia Rural da Universidade Estadual do Maranhão (UEMA), onde foram realizadas as análises minerais dos elementos químicos: Cálcio (Ca), Ferro (Fe), Potássio (K), Magnésio (Mg), Fósforo (P), Zinco (Zn), Cobre (Cu), Iodo (I), Selênio (Se) e Níquel (Ni).

Para as análises de minerais, utilizou-se um espectrofotômetro de emissão atômica por plasma acoplado indutivamente modelo 720-ES, marca VARIAN, acoplado a um computador como mostra a Figura 44.

Figura 44 - Espectrofotômetro de emissão atômica.



Fonte: Francisco Brito (2012)

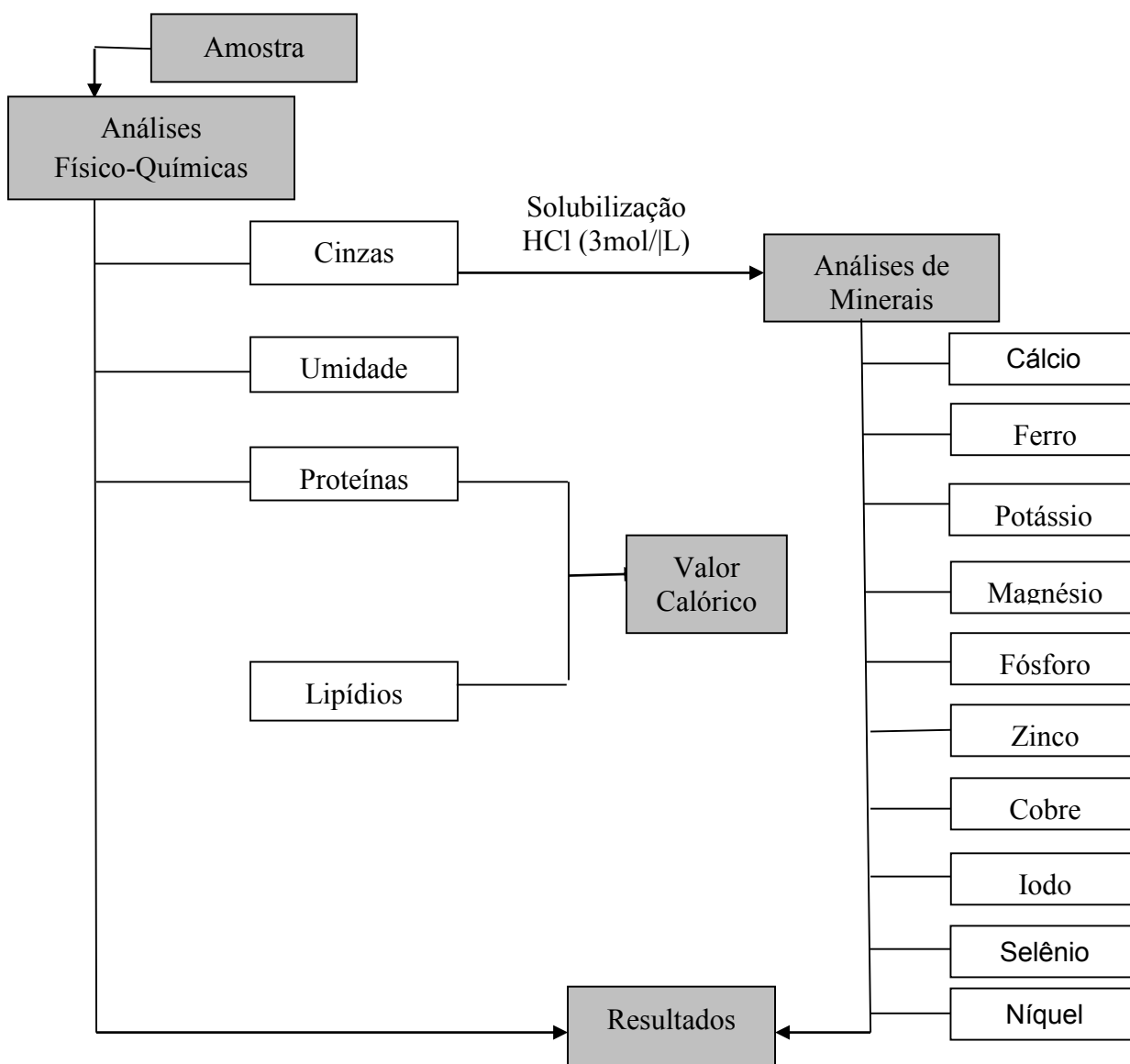
O estudo dos minerais deram origem ao Artigo contido no CAPÍTULO 3 desta Tese de Doutorado. O estudo dos minerais deram origem ao Artigo contido no CAPÍTULO 8 desta Tese de Doutorado e submetido para publicação no **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, sob código: ID jf-20016-02254y e com o título de:

Assessment of the Constituent Minerals of Fish Species Captured in the Lower Stretch of the Itapecuru River, Maranhão, Brazil.

Disponível em: <http://www.donnishjournals.org/djmbr>

A título de entendimento, abaixo, a Figura 45 apresenta o fluxograma das análises físico-químicas realizadas.

Figura 45 - Fluxograma das análises físico-químicas e minerais realizadas.



ANEXO A - ARTIGO ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NA REVISTA ESPACIOS –
CARTA DE ACEITE

Revista **ESPACIOS***digital*

Caracas, 12 de marzo de 2016

Señores

Leonardo Silva **SOARES**;
Antonio Carlos Leal de **CASTRO**;
Wilza Gomes Reis **LOPES**;
James Werllen de Jesus **AZEVEDO**;
Heliene Leite Ribeiro **PORTO**

Es muy grato informarles que el artículo titulado "**ÍNDICE DE QUALIDADE DE ÁGUA DO BAIXO CURSO DO RIO ITAPECURU, ESTADO DO MARANHÃO, BRASIL**", cuyos autores son: Leonardo Silva **SOARES**; Antonio Carlos Leal de **CASTRO**; Wilza Gomes Reis **LOPES**; James Werllen de Jesus **AZEVEDO**; Heliene Leite Ribeiro **PORTO**, fue aprobado y será publicado en el Volumen 37(14)2016 de la Revista Espacios digital que aparecerá durante el mes de mayo.

Atentamente,

Renato Valdivieso

Editor

**ANEXO B - ARTIGO CONSTANTE NO CAPÍTULO 2, ACEITO PARA
PUBLICAÇÃO NO DONNISH JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH –
COMPROVAÇÃO COM ABSTRACT**

Donnish Journal of Agricultural Research
Vol 3(1) pp. 001-007 January, 2016.
http://www.donnishjournals.org/djar
Copyright © 2016 Donnish Journals

Original Research Paper

Evaluation of the Chemical Composition of Fish Species Captured in the lower Stretch of Itapecuru River, Maranhão, Brazil.

Heliene Leite Ribeiro Porto^{1*}, Antonio Carlos Leal de Castro¹, Victor Elias Mouchrek Filho²
and Gandhi Rádís-Baptista³

¹Department of Oceanography and Limnology, Center for Health Sciences, Federal University of Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil.

²Department of Chemical Technology, Center for Science and Technology, Federal University of Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil.

³Laboratory of Biochemistry and Biotechnology, Institute of Marine Sciences, Federal University of Ceará, Fortaleza, CE, Brazil.

Accepted 12th January, 2016.

This study aimed to investigate the chemical composition of muscle tissues from seven species of fish, which were captured from the lower section of the Itapecuru river, comprising the municipalities of Santa Rita and Rosario and the coastal area of Gólfão Maranhão during the period of June 2012 to May 2013. The species selected for the experiment were: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata* sp., *Prochilodus lacustris*, *Schizodon dissimilis*, *Ageneiosus ucayalensis* and *Hypostomus plecostomus*, which showed significant abundance and high commercial value. Representative samples were collected without distinction of size and sex and only species with good organoleptic conditions were selected. Analysis of the muscle of each species was performed in triplicate to assess the moisture content, total fat, ash and energy value. The average results of proximate analysis revealed the following variations: moisture 73.7% to 79.2%, total lipids 0.2% to 6.8%, protein 18.6% to 23.0%, ash 0.8% to 1.8% and the energy value of 77 to 136 kcal / 100g. The species *G. surinamensis* showed a higher moisture content and ash and a lower energy value, indicating the highest mineral content between the studied species. The *A. ucayalensis* species had, on average, higher levels of total lipids and energy, while the *P. lacustris* species showed a higher percentage of proteins. The results confirm the importance of knowing the protein value of species that can serve different dietary purposes of local people.

Keywords: Fish, Itapecuru river, Nutritional quality, Caloric value, Brazil.

INTRODUCTION

Human populations include fish as a main part of their daily diet, a fact that has become more relevant in developing countries, whose dietary pattern reveals a large dependency on staple foods, and fish is the main source, accounting in 2010, for about 19.6% of animal protein consumption (FAO, 2014). In addition to being recognized as a source of direct income of the Brazilian population, the fish is a very important food in the diet of individuals for its wealth of nutrients.

Martin *et al.* (2000) and Vila Nova *et al.* (2005) pointed out that fish is of high nutritional value due to its high protein content, excellent quality of lipids (omega 3 and 6 series) and low levels of total fat, saturated fats and cholesterol. It also incorporates high levels of polyunsaturated fatty acids, important for the promotion and maintenance of health and minerals like calcium, phosphorus, sodium, potassium and magnesium (Chandrashekar and Deosthale, 1993; Ismail and Ikram, 2004; Larson *et al.*, 2004; Arannilewa *et al.*, 2005; Harris, 2005).


According to the World Health Organization (WHO), the fish provides the healthiest animal protein and the Brazilians have arrived at consuming 14.5 kg per inhabitant / year, exceeding the recommended minimum consumption of fish, which is 12 kg per inhabitant / year or approximately 250 g of fish per week. Admittedly, the fish stands out for having in its composition high quality protein, retinol, vitamins D and E, iodine and selenium. Evidence increasingly associates their consumption to greater brain development and learning in children, also improving eye health, and protection against cardiovascular disease and some cancers.


The fats and fatty acids of fish are highly beneficial and difficult to obtain from other food sources (FAO, 2013). Acceptance of fishery products by consumers depend on various attributes of food quality, among which stand out the safety, nutrition, taste, texture, color and appearance, and the adequacy of raw material to processing and preservation (Cunha and Spers, 2010). The relative importance of any of

*Corresponding Author: Heliene Leite Ribeiro Porto. Department of Oceanography and Limnology, Center for Health Sciences, Federal University of Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil. Email: heliene.porto@ufma.br

**ANEXO C - ARTIGO CONSTANTE NO CAPÍTULO 2, ACEITO PARA
PUBLICAÇÃO NO DONNISH JOURNAL OF AGRICULTURAL RESEARCH –
COMPROVAÇÃO FATOR DE IMPACTO.**

11/01/2016 NISI | New International Scientific Indexing

 *promoting high quality research availability* Privacy Policy | Terms



Research Consultancy

[Home](#) | [About NISI](#) | [Requirement](#) | [Submission](#) | [Journals](#) | [Contact](#) | [Search](#)

Our Services

- Indexing Services
- Impact Factor Calculation
- Citation Report
- Research Consultancy
- Journals Ranking
- Research Promotion

Contact Us

contact@nisindexing.net
info@nisindexing.net

List of Conferences

22nd International Association
for Child & Adolescent Psychiatry
and Allied Professions Calgary,
Alberta, Canada, 16 Jul 2016

Donnish Journal of Agricultural Research (DJAR)

E-ISSN	2476-8367
P-ISSN	2476-8367
Publisher Name	Donnish Publishing House
Email	djar@donnishjournals.org
Language	English
Starting Year	2013
Discipline	Agricultural Science
Frequency	Monthly
Website	http://www.donnishjournals.org/djar/index.php
Country	United Kingdom (UK)
Accessing Method	Open Access
Articles Format	PDF
License Type	Normal
Impact Factor	3.416 (2015)
Description	Donnish Journal of Agricultural Research (DJAR) is an open access academic refereed journal published monthly by Donnish Journals. DJAR publishes research articles that report premier fundamental discoveries and inventions, and the applications of those discoveries, unconfined by traditional discipline barriers. All articles published by DJAR are published in English.

**ANEXO D - ARTIGO CONSTANTE NO CAPÍTULO 3, ACEITO PARA
PUBLICAÇÃO NO DONNISH JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND
BIOTECHNOLOGY RESEARCH – COMPROVAÇÃO COM ABSTRACT**

Donnish Journal of Microbiology and Biotechnology Research
Vol 3(1) pp. 001-007 June, 2016.
<http://www.donnishjournals.org/djmr>
Copyright © 2016 Donnish Journals

Original Research Article

Assessment of the Constituent Minerals of Fish Species Captured in the Lower Stretch of the Itapecuru River, Maranhão, Brazil

**Heliene Leite Ribeiro Porto^{1*}, Antonio Carlos Leal de Castro¹, James Werllen de Jesus Azevedo¹,
Leonardo Silva Soares², Cássia Fernanda Chagas Ferreira³, Marcelo Henrique Lopes Silva³ and
Rayssa de Lima Cardoso³**

¹Department of Oceanography and Limnology, Center for Health Sciences, Federal University of Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil.

²Doctoral Student of the Postgraduate Program of Development and Environment (PRODEMA), UFPI, Brazil.

³Master Student of the Postgraduate Program of Aquatic Resources and Fishery (PPGRAP), UFMA, Brazil.

Accepted 6th June, 2016.

The concentrations of the constituent minerals calcium, iron, potassium, magnesium, phosphorus, zinc, copper, iodine, selenium and nickel were determined in the muscle tissue of the following seven species of fish collected in the lower stretch of the Itapecuru River, northeastern Maranhão, Brazil: *Plagioscion squamosissimus*, *Geophagus surinamensis*, *Curimata sp.*, *Schizodon dissimilis*, *Ageneiosus ucayalensis*, *Hypostomus plecostomus* and *Prochilodus lacustris*. Samples of muscle were digested in a nitric-perchloric solution and then analyzed using an inductively coupled plasma (ICP) atomic emission spectrometer (Model 720-ES, VARIAN brand) and specific calibration curves for each element. Analyses were performed in triplicate. The analyzed individuals were small in size. The shortest total length of 6.7 cm was observed in *G. surinamensis*, and the longest total length of 38.7 cm was observed in *P. lacustris*. With regard to total weight, the minimum and maximum values were 11.0 g and 465.3 g for the species *P. squamosissimus* and *H. plecostomus*, respectively. The concentrations of all minerals can be considered low and are present in concentrations below the maximum limits established by the Brazilian legislation for human ingestion of fish. A comparison of the seven investigated species of fish revealed no statistically significant differences between the concentrations of minerals, suggesting that the size and dietary habit differences did not exert an influence on absorption.

Keywords: Fish, Soft tissue, Minerals, Spectrophotometry, Itapecuru River, Brazil.

INTRODUCTION

Currently, many human populations depend on fish as a part of their main daily diet, especially in developing countries, where this aquatic resource contributed 19.6% of the animal protein consumed in 2010 (FAO, 2014). There is a pressing need for basic food in these countries, making fish an essential nutritional item for maintaining the health of their inhabitants.

The expansion of nutrition as an area of knowledge has enabled researchers to emphasize the advantages of fish as food, due to its high nutritional value, especially in regard to the ingestion of numerous minerals that are present in the organs and tissues in considerable quantities (Lederer, 1991; Menezes, 2006; Stansby, 1976). Fish flesh is generally considered a particularly valuable source of calcium and phosphorus, but it also contains reasonable quantities of sodium, magnesium, manganese, chlorine, sulfur, selenium, chromium, nickel, aluminum, cobalt, zinc, potassium, iron,

copper and iodine (Connell, 2005). Some of these elements represent the so-called macroelements, of which an adult human being requires 100 mg/day or more, whereas others represent microelements, or trace elements, of which a human being requires only minimal quantities (Mahan and Escott-Stump, 2005). The sustainability and improved quality of life for low-income populations has been a concern of many governments around the world, and the global demand for high nutritional value in food makes fish one of the most consumed meats.

Despite the consensus that fish intake is beneficial for humans, scientific studies on the mineral constituents in fish in Brazil are still insufficient. Thus, studies in Brazil that include data on the quality of fish from artisanal fisheries are of great importance to ensuring adequate food and nutrition security in low-income populations living in tropical river basins.

*Corresponding Author: Heliene Leite Ribeiro Porto. Department of Oceanography and Limnology, Center for Health Sciences, Federal University of Maranhão, São Luís, Maranhão, Brazil. Email: heliene.porto@ufma.br

ANEXO E - ARTIGO CONSTANTE NO CAPÍTULO 3, ACEITO PARA PUBLICAÇÃO NO DONNISH JOURNAL OF MICROBIOLOGY AND BIOTECHNOLOGY RESEARCH – COMPROVAÇÃO FATOR DE IMPACTO.

09/06/2016

NISI | New International Scientific Indexing


[Privacy Policy](#) | [Terms](#)

[Home](#) | [About NISI](#) | [Requirement](#) | [Submission](#) | [Journals](#) | [Contact](#) | [Search](#)

Our Services

Indexing Services
Impact Factor Calculation
Citation Report
Research Consultancy
Journals Ranking
Research Promotion

Contact Us

contact@nisindexing.net
info@nisindexing.net

List of Conferences

Alberta, Canada, 16 Jul 2016

12th Congress of the World Federation of Societies of Intensive and Critical Care Medicine, Seoul, South Korea, 29 Aug 2015

International Conference on Educational and Developmental Psychology, Dubai, United Arab Emirates. 30 Jan 2015

Donnish Journal of Microbiology and Biotechnology Research (DJMBR)

E-ISSN	2315-7275
P-ISSN	2315-7275
Publisher Name	Donnish Publishing House
Email	djmb@donnishjournals.org
Language	English
Starting Year	2013
Discipline	Microbiology and Biotechnology
Frequency	Monthly
Website	http://www.donnishjournals.org/djmb/index.php
Country	United Kingdom (UK)
Accessing Method	Open Access
Articles Format	PDF
License Type	Normal
Impact Factor	3.502 (2015)
Description	Donnish Journal of Microbiology and Biotechnology Research (DJMBR) is an open access academic refereed journal published monthly by Donnish Journals. DJMBR The objective of the journal is to stimulate the dissemination of knowledge in the entire spectrum of science, microbiology and biotechnology. All articles published by DJMBR are published in English.