



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE SISTEMÁTICA E ECOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO ZOOLOGIA**

JANE ENISA RIBEIRO TORELLI DE SOUZA

**ICTIOFAUNA E BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS NA
CADEIA TRÓFICA, RIO GRAMAME, BACIA DO RIO GRAMAME
PARAIBA**

JOÃO PESSOA – PB

2013

JANE ENISA RIBEIRO TORELLI DE SOUZA

**ICTIOFAUNA E BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS NA
CADEIA TRÓFICA, RIO GRAMAME, BACIA DO RIO GRAMAME
PARAIBA**

Tese apresentada à Universidade Federal da
Paraíba como parte dos requisitos para
obtenção do Título de Doutor em Ciências
Biológicas, área de concentração Zoologia.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

**JOÃO PESSOA - PB
2013**

57291 Souza, Jane Enisa Ribeiro Torelli de.

Ictiofauna e bioacumulação de metais pesados na cadeia trófica,
Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, Paraíba/Jane Enisa
Ribeiro Torelli de Souza - João Pessoa, 2013.

201f.

Orientadora: Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

Tese (Doutorado) – UFPB/CCEN

1. Zoologia. 2. Ictiofauna. 3. Estrutura trófica. 4.
Bioacumulação - metais pesados.

JANE ENISA RIBEIRO TORELLI DE SOUZA

**ICTIOFAUNA E BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS NA
CADEIA TRÓFICA, RIO GRAMAME, BACIA DO RIO GRAMAME
PARAIBA**

Tese submetida ao programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas da Universidade Federal da Paraíba para obtenção do Título de Doutor em Ciências Biológicas, área de concentração: Zoologia

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª Dr^ª. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva - Orientadora
(Universidade Federal da Paraíba - UFPB)

Prof. Dr. Luiz Carlos Serramo Lopes - 1º Examinador
(Universidade Federal da Paraíba - UFPB)

Prof^ª. Dr^ª. Ilda Antonieta Salata Toscano - 2º Examinador
(Universidade Federal da Paraíba – UFPB)

Prof. Dr. Elvio Sergio Figueredo Medeiros - 3º Examinador
(Universidade Estadual da Paraíba - UFPB)

Prof^ª. Dr^ª. Sathyabama Chellappa - 4º Examinador
(Universidade Federal d do Rio Grande do Norte – UFRN)

*Dedico este trabalho a minha família,
com muito amor e gratidão.*

AGRADECIMENTOS

Dirijo os meus sinceros agradecimentos...

A Deus por sempre está comigo em todos os momentos de minha vida e em especial, no decorrer desta Tese de Doutorado, me suprindo com garra, coragem, saúde, sabedoria e discernimento.

À minha amada mãe, Enisa por ser sempre o meu maior exemplo a ser seguido, o meu braço forte, meu porto seguro. Por me concederem todo amor, educação e toda estrutura para o meu crescimento pessoal e profissional.

Aos meus filhos, Rebecca e Matheus pela compreensão, atenção e apoio no decorrer desse trabalho.

Ao meu esposo José Carlos, por está sempre ao meu lado me dando apoio, amor, carinho e atenção. Agradeço por dividir comigo todos os meus sonhos e por ter sido presente em todos os momentos de nossas vidas.

A toda minha família e em especial a minha irmã Gorete Cardoso e sobrinhos, Jean, Junior e Jeane, por ser exemplo de força e perseverança.

À minha orientadora e colega de trabalho, Profa. Dra. Maria Cristina Basílio Crispim da Silva, pela parceria, orientação e por todo carinho e confiança.

Ao Prof. Dr. Ricardo Sousa Rosa por sua atenção em colaborar na identificação taxonômica das espécies de peixes do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Luiz Lopes e ao colega Charlhys pela orientação nas análises estatísticas dos dados de diversidade da ictiofauna.

Aos professores, Prof. Sherlan, pela confiança e atenção em disponibilizar o laboratório (LEQA) para a realização das análises químicas, como também, nas análises estatísticas dos dados juntamente com Eduardo, que levaram grandes discussões sobre os resultados obtidos.

As professoras, Ilda e Cláudia, pelas valiosas orientações, apoio e atenção no decorrer desse trabalho.

As Professoras Graciella Cannella e Margarida Rodrigues pelas primeiras orientações para a minha vida profissional.

As amigas e parceiras, Maria Marcolina Lima Cardoso e Gabriela Marques Peixoto pela colaboração nas análises estatísticas do presente trabalho.

Aos colegas e alunos extensionistas e estagiários do LABEA pelo companherismo e colaboração durante todos os momentos de realização das atividades.

Ao colegas Jefferson do LEQA/DQ, pela grande ajuda e orientação para as análises químicas das amostras.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo (IPEN/USP) e em especial, a pesquisadora Dra. Deborah Fávaro, que colaborou com as análises dos metais pesados nas amostras de peixes.

Aos professores da banca examinadora, a Profa. Dra. Cristina Crispim, Prof. Dr. Luiz Lopes, Profa. Dra Ilda Toscano, Prof. Dr. Elvio Medeiros e a Profa Dra. Sathyabama Chellappa, assim como, os membros suplentes Profa. Dra. Ana Lúcia Vendel, Profa. Dra. Cláudia Cunha, Profa. Dra. Ierecê Lucena Rosa e Prof.. Dr. Márcio Silva, pela disponibilidade e contribuição na avaliação na presente tese de doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas – PPGCB pela formação e por todo serviço prestado com excelência.

À Universidade Federal da Paraíba – UFPB, pelo apoio logístico durante a formação profissional.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Muito obrigada

“Seja a mudança que você deseja ver o mundo”

Mahatma Gandhi

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo, determinar a diversidade da ictiofauna e a bioacumulação de metais pesados na cadeia trófica do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, Paraíba. Para isso foi realizada análise da ictiofauna presente, com coletas dos espécimes realizadas em 10 pontos ao longo do Rio Gramame, utilizando diversas artes de pesca, durante as estações de chuva e estiagem de 2010 a 2011. O material coletado foi transportado para o Laboratório de Ecologia Aquática (DSE/CCEN/UFPB), onde foram feitas as análises biométricas dos indivíduos (peso total e comprimento padrão), para determinar o tipo de crescimento e o fator de condição, objetivando a comparação desses parâmetros com a contaminação dos peixes. A dieta alimentar das espécies foi conhecida a partir de análises do conteúdo estomacal pelo método de frequência de ocorrência, com finalidade de conhecer a teia alimentar, que serviu de base para o estudo da biomagnificação dos metais pesados na ictiofauna. Posteriormente, a diversidade ecológica foi determinada a partir dos índices de diversidade (Shannon-Wiener), Equitabilidade (Simpson), similaridade (Jaccard) e riqueza de espécies. As concentrações dos metais pesados (Pb, Zn, Cd, Cu) no tecido muscular das espécies foram quantificados por voltametria de onda quadrada (VOQ) em um potenciostato/galvanostato no Laboratório de Estudos Químicos Ambientais (DQ/CCEN/UFPB), e o mercúrio total (Hg) por espectrometria de absorção atômica com geração de vapor frio (CV AAS) no IPEN/USP/SP. A composição da ictiofauna a montante apresentou um número de *taxa* menor do que a jusante do reservatório (16 e 26 gêneros e 17 e 27 espécies, respectivamente), sendo as espécies mais abundantes, *Cichla ocellaris* (55,39%±28,96), *Metynnis lippincottianus* (20,34%±13,4), *Prochilodus brevis* (16,63%±11,36) e *Hoplias malabaricus* (13,33%±7,57), em ambas as estações do ano. Os índices de diversidade apresentaram diferenças entre as estações de chuva e estiagem e as áreas a montante e a jusante do reservatório ($H' = 1,3075$; $H' = 1,538$), ($H' = 1,6497$; $H' = 1,3553$), como uma riqueza representada (17 e 26 e 18 e 22 espécies respectivamente) e uma distribuição heterogênea das espécies ($J' = 0,52269$ e $J' = 0,38618$ respectivamente), devido à dominância de *C. ocellaris* a montante e de *M. lippincottianus* a jusante do reservatório. A estrutura de crescimento da maioria das espécies analisadas foi representada por indivíduos jovens, revelando um crescimento do tipo alométrico negativo na população. A dieta alimentar das espécies apresentou-se pouco diferenciada, levando a uma maior incidência de hábitos alimentares generalistas ao longo do Rio Gramame. A análise de componentes principais

(PCA) expressou uma tendência das áreas a montante e a jusante do reservatório diferir quanto à acumulação por metais pesados na cadeia trófica. A maior contaminação por mercúrio total foi registrada a montante, enquanto que, chumbo e zinco a jusante do reservatório. Concluí-se que, ao longo do Rio Gramame a ictiofauna apresentou uma maior dominância de espécies exóticas, levando a uma menor representação na diversidade das espécies nativas. A dieta alimentar das espécies revelou hábitos alimentares generalistas, com a categoria trófica onívora mais abundante. As maiores concentrações dos metais pesados foram registradas entre espécies de hábitos onívoros, indicando uma biomagnificação dos elementos tóxicos entre as espécies estudadas.

Palavras-chave: Ictiofauna, estrutura trófica, bioacumulação de metais pesados.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the fish diversity and the bioaccumulation of heavy metals in the trophic chain of River Gramame in the hydrographic basin of River Gramame, Paraíba. The fish composition was determined by collecting fish from 10 specific areas along the River Gramame, utilizing diversified fishery techniques, during the dry and rainy seasons of 2010 to 2011. The fish collected was transported to the Laboratory of Aquatic Ecology (DSE/CCEN/UFPB), where biometry of fish was carried out (total weight and standard length), to determine the type of growth and condition factor, with a view to compare these parameters in contaminated fish. The food habits of the fish were determined by analyzing the stomach contents using the frequency of occurrence method. This was useful to understand the food chain which served as a base for the study of bioaccumulation of heavy metals in fish. The ecological diversity was determined from the indices of diversity (Shannon-Wiener), equitability (Simpson), similarity (Jaccard) and species richness. The concentrations of heavy metals (Pb, Zn, Cd, Cu) in the fish muscle were quantified by square wave voltammetry (VOQ) in a potentiostat/galvanostat in the Laboratory of Environmental Chemical Studies (DQ/CCEN/UFPB), and total mercury (Hg) by atomic absorption spectrometry with cold vapor (CV AAS) in IPEN/USP/SP. The fish composition of the upstream area showed lower *taxa* than the downstream area (16 to 26 genera and 17 to 27 species, respectively). The abundant species were, *Cichla ocellaris* (55.39%±28.96), *Metynniss lippincottianus* (20.34%±13.4), *Prochilodus brevis* (16.63%±11.36) and *Hoplias malabaricus* (13.33%±7.57), during both seasons of the year. The indices of diversity showed differences between the rainy and dry seasons and the upstream and the downstream areas of the reservoir ($H' = 1.3075$; $H' = 1.538$), ($H' = 1.6497$; $H' = 1.3553$), with richness represented (17 to 26 and 18 to 22 species respectively) and a heterogeneous distribution of species ($J' = 0.52269$ and $J' = 0.38618$ respectively), due to the dominance of *C. ocellaris* in upstream and of *M. lippincottianus* in downstream of the reservoir. The growth rate of most of the species analyzed showed young individuals, indicating negative allometric growth. The diet of the species showed little difference, indicating mostly generalist food habits of fish along River Gramame. The principal component analysis (PCA) expressed a tendency in upstream and downstream areas of the reservoir to differ in terms of heavy metal accumulation in the trophic chain. A major contamination of total mercury was registered in the upstream area, while there was lead and zinc contamination in the

downstream area of the reservoir. It could be concluded that along River Gramame there is major dominance of exotic species with a low diversity of native species. The feeding habits of the fish species showed a generalist tendency, with more omnivores. High heavy metal concentration was registered in the omnivores, indicating biomagnifications of toxic elements among the studied species.

Key words: Ictihyofauna, trophic structure, bioaccumulation of heavy metals.

LISTA DE FIGURAS – ÁREA DE ESTUDO

- Figura 1** Localização da Bacia do Rio Gramame, mostrando os 10 pontos de coletas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, PB. Foto: Maria Marcolina L. Cardoso 41
- Figura 2** Visão parcial dos pontos de amostragem a montante do reservatório (a) P1 (Açude do Incra); (b) P2 (Confluência do riacho Utinga com Rio Gramame); (c) P3 (Confluência do riacho Quizada com Rio Gramame); (d) P4 (Rio Gramame, Vaiscecada); (E) P5 (Reservatório do Rio Gramame). Foto: Maria Cristina Crispim (2010) 42
- Figura 3** Visão parcial dos pontos de amostragem a jusante do reservatório do Rio Gramame. (a) P6 (Confluência do Rio Mumbaba com o Rio Gramame); (b) P7 (Rio Gramame, Engenho Velho); (c) P8 (Rio Gramame, Mituaçu); (d) P9 (Confluência do Rio Jacoca com Rio Gramame); (e) P10 (Rio Gramame, Monsenhor Magno). Foto: Maria Cristina Crispim (2010) 44
- Figura 4** Índices pluviométricos registrados na região da bacia do Rio Gramame, nos municípios de João Pessoa, Conde (a), Alhandra e Pedras de Fogo (b), estado da Paraíba, durante os períodos de 2010 a 2012. Fonte: AESA (2012) 45

LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO I

- Figura 1** Profundidade média dos ambientes amostrados à montante e à jusante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011. 53
- Figura 2** Valores médios de Temperatura (T°C), OD (mg/L) e pH na água dos ambientes amostrados a montante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011. 57
- Figura 3** Valores médios de Temperatura (T°C), OD (mg/L) e pH na água dos ambientes amostrados a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011. 58
- Figura 4** Salinidade média da água dos pontos amostrados a montante (a) e a jusante do reservatório do Rio Gramame (b) nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011. 59
- Figura 5** Valores médios de condutividade elétrica da água dos pontos de amostragem a montante (a) e a jusante do reservatório (b) do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011. 61
- Figura 6** Médias da abundância relativa (\pm EP) da riqueza de espécies da ictiofauna coletada a montante do reservatório do Rio Gramame, bacia do Rio Gramame, no período de 2010 a 2012. 66
- Figura 7** Médias da abundância relativa (\pm EP) da riqueza de espécies da ictiofauna a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante o período de 2010 a 2011. 69
- Figura 8** Curvas de coletores geradas pelo método Chao 1, para as áreas a montante (a) e a jusante do reservatório do Rio Gramame (b) em todo o período analisado. 72
- Figura 9** Box-plot dos valores médios dos índices de diversidades (a) Equitabilidade (b) riqueza de espécies (c) registrados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem (MC, ME, JC, JE), em todo o período analisado. 75
- Figura 10** Dendograma mostrando a similaridade entre grupos funcionais 76

distribuídos entre os pontos amostrados á montante nos períodos de chuva e estiagem (a, b), no período de 2010 a 2011.

- Figura 11** Dendograma mostrando a similaridade entre grupos funcionais distribuídos entre os pontos amostrados a jusante no período durante os períodos de chuva (a) e de estiagem (b) no período de 2010 a 2011. 77
- Figura 12** Análise de correspondência canônica (CCA) dos fatores bióticos e aparelhos de pesca ao longo do Rio Gramame, durante os períodos analisados. 79

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO I

Tabela 1	Classificação taxonômica da ictiofauna ao longo do Rio Gramame.	61
Tabela 2	Abundância absoluta e relativa (% \pm EP) de indivíduos das espécies coletadas a montante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB.	67
Tabela 3	Abundância absoluta e relativa (% \pm EP) de indivíduos das espécies coletadas a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB.	70
Tabela 4	Teste de comparação entre as médias dos índices de biodiversidade na área estudada.	78

LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO II

- Figura 1** Médias dos comprimentos e pesos totais dos indivíduos de ambos os sexos de *C. ocellaris* coletados nas áreas a montante (a) e a jusante do reservatório (b), durante as duas estações de 2010 e 2011. 87
- Figura 2** Classes de comprimento dos indivíduos amostrados (a) e proporção entre os sexos de *C. ocellaris* (b) a montante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 87
- Figura 3** Classe de comprimento dos indivíduos amostrados (a) e proporção sexual de *C. ocellaris* a jusante do reservatório do Rio Gramame (b), Bacia do Rio Gramame, PB nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 88
- Figura 4** Relação peso-comprimento de *C. ocellaris* de ambos os sexos capturados a montante durante os períodos de chuva (a) e estiagem (b) e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nas duas estações do ano (c), Bacia Gramame, PB, de 2010 e 2011. 90
- Figura 5** Médias de comprimentos e pesos totais dos indivíduos de ambos os sexos de *H. malabaricus*, coletados na área, a montante (a,b) e a jusante do reservatório (c,d), durante períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 94
- Figura 6** Distribuição do comprimento em intervalos de classe para fêmeas e machos de *H. malabaricus* coletados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB. 95
- Figura 7** Relação peso-comprimento de *H. malabaricus* para sexos agrupados, a montante no período de chuva (a) e estiagem (b) e a jusante do reservatório do rio Gramame em ambas as estações do ano (c), na bacia do rio Gramame, PB. 97
- Figura 8** Médias de comprimentos e pesos totais dos indivíduos de ambos os sexos de *M. lippincottianus*, coletados nas áreas a montante 100

(a, b) e a jusante do reservatório (c, d), durante os períodos de 2010 e 2011.

- Figura 9** Classe de comprimentos para fêmeas e machos de *M. lippincottiannus* coletados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011. 101
- Figura 10** Relação peso-comprimento de espécimes de machos e fêmeas de *M. lippincottiannus* coletados a montante (a, b) e machos a jusante do reservatório do Rio Gramame (c), bacia do Rio Gramame, PB, durante o período de chuva e estiagem de 2010 a 2011. 102
- Figura 11** Médias de comprimentos e pesos totais dos indivíduos de ambos os sexos de *R. quelen* amostrados nas áreas a montante (a, b) e a jusante do reservatório (c,d), durante as estações de chuva e estiagem do período analisado. 106
- Figura 12** Classes de comprimento de indivíduos analisados de *R. quelen* de ambos os sexos amostrados a montante e a jusante do reservatório durante os períodos analisados. 107
- Figura 13** Relação peso-comprimento de *R. quelen* a montante (a) e a jusante do reservatório (b) nas estações de chuva e estiagem em todo o período analisado. 108
- Figura 14** Médias de comprimentos (a) e pesos totais (b) de ambos os sexos de *P. brevis* coletados nos períodos de chuva e estiagem a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante o período analisado. 111
- Figura 15** Classes de comprimentos de *P. brevis* coletados capturados nos períodos de chuva e estiagem, a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante o período analisado. 112
- Figura 16** Relação peso-comprimento para fêmeas (a) e machos (b) de *P. brevis* coletados a jusante do reservatório do Rio Gramame, bacia do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e 113

- estiagem de 2010 a 2011.
- Figura 17** Fator de condição da espécie *P. brevis* entre os pontos de coleta a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 114
- Figura 18** Médias de comprimentos (a) e pesos totais (b) de *C. undecimalis* capturados à jusante do reservatório do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 115
- Figura 19** Classes de comprimento de *C. undecimalis* capturados a jusante do reservatório do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 116
- Figura 20** Relação peso-comprimento (a) e fator de condição (b) para ambos os sexos de *C. undecimalis* coletados a jusante do reservatório do Rio Gramame, bacia do Rio Gramame, PB, no período de 2010 a 2011. 118
- Figura 21** Médias de comprimentos e pesos totais da espécie *E. brasilianus* capturados a jusante do reservatório do Rio Gramame, PB, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 119
- Figura 22** Classe de comprimento de *E. brasilianus* capturados a jusante do reservatório do Rio Gramame, PB, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 119
- Figura 23** Relação peso-comprimento para a espécie *E. brasilianus* capturados nos pontos de amostragem a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 120
- Figura 24** Fator de condição da espécie *E. brasilianus* capturados nos pontos de amostragem a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 121

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO II

- Tabela 1** Valores médios do fator de condição de *C. ocellaris* e o índice pluviométrico da região a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Pedras de Fogo, PB. 92
- Tabela 2** Valores médios do fator de condição de *H. malabaricus* e o índice pluviométrico da região a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB. 98
- Tabela 3** Valores médios do fator de condição de *M. lippincottianus* e o índice pluviométrico das regiões a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB. 105

LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO III

- Figura 1** Frequência de ocorrência dos itens alimentares presentes na dieta de *P. brevis* a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante as estações do ano de 2010 e 2011. 128
- Figura 2** Frequência de ocorrência dos itens alimentares presentes na dieta de *H. puserum*, coletados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 129
- Figura 3** Frequência de ocorrência dos itens alimentares presentes na dieta alimentar de *M. lippincotiannus* da areas a montante (a) e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nas duas estações do ano de 2010 e 2011. 131
- Figura 4** Frequência de ocorrência dos itens alimentares na dieta de *O. niloticus* a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante as estações de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 132
- Figura 5** Frequência de ocorrência dos itens alimentares na dieta da espécie *R. quelen* coletados a montante do reservatório do rio Rio Gramame, nas duas estações do ano, nos períodos de 2010 e 2011. 135
- Figura 6** Frequência de ocorrência dos itens alimentares na dieta da espécie *H. malabaricus* coletados a montante do reservatório do Rio Rio Gramame, nas duas estações do ano, nos períodos de 2010 e 2011 136
- Figura 7** Frequência de ocorrência dos itens alimentares na dieta da espécie *C. ocellaris* coletados a montante do reservatório do Rio Rio Gramame, nas duas estações do ano, nos períodos de 2010 e 2011. 139
- Figura 8** Riqueza percentual das categorias tróficas representadas pela preferência alimentar das espécies analisadas a montante (a,b) e a jusante do reservatório do Rio Gramame (c,d) durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. 141

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO III

Tabela 1 Abundância de itens alimentares presentes na dieta das espécies carnívoras amostradas à montante e à jusante do reservatório do Rio Gramame.	138
--	-----

LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO IV

- Figura 1** Contaminação pelo metal mercúrio no ser humano. 145
Fonte: Dilermando Brito Filho, (1988).
- Figura 2** Rota de exposição do metal chumbo (Pb) ao ser humano. 147
Fonte: IPCS (1995).
- Figura 3** Processamento para digestão das amostras. a) Frasco reacional de teflon para forno de micro-ondas; b) Forno digestor utilizado; c) Composição das soluções digestoras para amostras e brancos. 151
Foto: Jefferson Araujo.
- Figura 4** Potenciostato/Galvanostato Autolab® PGSTAT 101 (Eco Chemie) (a), Voltamograma mostrando a corrente vs. potencial gerado após leitura das amostras (b). Foto: Jefferson Araujo. 153
- Figura 5** Valores médios de concentração de metais em *P. brevis* coletada a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, considerando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011, e o limite máximo permitido pela legislação para peixes não predadores. 156
- Figura 6** Valores médios de concentração de metais em *M. lippincottianus* coletada a jusante e a montante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, considerando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011 e o limite máximo permitido pela legislação para peixes não predadores. 158
- Figura 7** Valores médios de concentração de metais em *R. quelen* coletado a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, considerando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011 e o limite de máximo permitido pela legislação para peixes não predadores. 160
- Figura 8** Valores médios de concentração de metais em *E. brasilianus* coletado a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, considerando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011, e o limite de máximo permitido pela 162

legislação para peixes não predadores.

- Figura 9** Valores médios da concentração de metais em *C. undecimalis* 164 coletados a jusante do reservatório do Rio Gramame, Conde, PB, nas estações de chuva e estiagem do período de 2010 e 2011 e o limite máximo permitido pela legislação para peixes predadores.
- Figura 10** Valores médios de concentração de metais em *H. malabaricus* 166 coletados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nas estações de chuva e estiagem do período de 2010 e 2011 e o limite máximo permitido pela legislação vigente para peixes predadores.
- Figura 11** Distribuição dos valores médios de concentração de metais em 167 *C. ocellaris* coletados a montante do reservatório do Rio Gramame, durante as estações de chuva e estiagem de 2010 e 2011 e o limite máximo permitido pela legislação para peixes predadores.
- Figura 12** Distribuição dos valores médios dos metais na categoria trófica 169 herbívora nas áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011.
- Figura 13** Distribuição dos valores médios dos metais na categoria trófica 170 onívora nas áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011.
- Figura 14** Distribuição dos valores médios dos metais na categoria trófica 171 carnívora nas áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011.
- Figura 15** Análise de componentes principais (PCA) entre as áreas de 173 estudo e as concentrações de metais (Cd, Pb, Cu, Zn, Hg) na cadeia alimentar da ictiofauna.
- Figura 16** Análise de componentes principais (PCA) entre as variáveis das 174 concentrações de metais (Cd, Pb, Cu, Zn, Hg) na cadeia

alimentar da ictiofauna e os parâmetros físicos e químicos da água nas áreas estudadas.

Figura 17 Biomagnificação dos metais entre os níveis tróficos e as espécies com maior contaminação por esses metais na cadeia alimentar ao longo do Rio Gramame 175

LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO IV

Tabela 1 Programa de aquecimento executado no forno CEM-Mars-Xpress 149

®

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS CÁPITULO I

- Anexo 1** Espécies da ictiofauna ao longo do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB. (a) *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758). (b) *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870). (c) *Prochilodus brevis* Steindachner, 1875. (d) *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824). (e) *Cichlasoma orientale* Kullander, 1983. (f) *Cichla ocellaris* Bloch & Schneider, 1801. (g) *Centropomus undecimalis* (Bloch 1792). (h) *Synbranchus marmoratus* Bloch, 1794. Foto: Jane Torelli (2012). 198
- Anexo 2** Médias dos parâmetros físicos e químicos analisados nos pontos de coleta a montante a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011. 199

ANEXOS CÁPITULO IV

- Anexo 1** Valores médios de concentração de metais nas espécies de peixes e camarão das áreas estudadas. 201
- Anexo 2** Distribuição dos valores médios de concentrações dos metais em categorias tróficas estabelecida a montante e a jusante do reservatório durante as estações do ano. 202

SUMÁRIO

RESUMO	Viii
ABSTRACT	Ix
LISTA DE FIGURAS – ÀREA DE ESTUDO	Xiii
LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO I	Xiv
LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO I	Xvi
LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO II	Xvii
LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO II	Xx
LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO III	Xxi
LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO III	Xxii
LISTA DE FIGURAS – CAPÍTULO IV	Xxiii
LISTA DE TABELAS – CAPÍTULO IV	Xxv
LISTA DE ANEXOS	Xxvi
1. INTRODUÇÃO	33
2. OBJETIVOS	36
2.1. OBJETIVO GERAL	36
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	36
3. HIPÓTESES TESTADAS	37
4. ÁREA DE ESTUDO	37
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GRAMAME	38
4.1.1. Aspectos físicos e climatológicos da região	38
4.1.2. Geologia da bacia do Rio Gramame	39
4.1.3. Cobertura vegetal da bacia do Rio Gramame	39
4.1.4. Climatologia da região da bacia do Rio Gramame	39
4.1.5. Uso do solo da bacia do Rio Gramame	40
4.2. PERÍODO DAS COLETAS DOS ESPÉCIMES DE PEIXES	40
4.2.1. Pontos de coleta situados a montante do reservatório do Rio Gramame	41
4.2.2. Pontos de amostragem situados a jusante do reservatório do Rio Gramame	43
4.2.3. Parâmetros meteorológicos e limnológicos ao longo do Rio Gramame	44

CAPÍTULO I	46
DIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA DO RIO GRAMAME, BACIA DO RIO GRAMAME, PARAÍBA	
1. INTRODUÇÃO	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1. LOCAL E PERÍODO DE COLETAS	48
2.2. TRIAGEM E IDENTIFICAÇÃO TAXONÔMICA	49
2.2.1. Análise dos dados	49
2.2.1.1. Composição da ictiofauna ao longo do Rio Gramame	49
2.2.1.2. Diversidade da ictiofauna	50
2.2.2. Análises estatísticas dos dados	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1. PARÂMETROS LIMNOLÓGICOS AO LONGO DO RIO GRAMAME	52
3.1.1. Profundidade dos pontos de amostragem	52
3.1.2. pH da água ao longo do Rio Gramame	53
3.1.3. Temperatura da água ao longo do Rio Gramame	54
3.1.4. Níveis de oxigênio dissolvido ao longo do Rio Gramame	55
3.1.5. Salinidade na água ao longo do Rio Gramame	58
3.1.6. Condutividade elétrica na água ao longo do Rio Gramame	59
3.2. COMPOSIÇÃO DA ICTIOFAUNA AO LONGO DO RIO GRAMAME	61
3.2.1. Composição da ictiofauna a montante do reservatório do Rio Gramame	61
3.2.2. Composição da ictiofauna a jusante do reservatório do Rio Gramame	68
3.2.3. Curva de coletor x riqueza de espécies	71
3.2.4. Diversidade ictiológica ao longo do Rio Gramame	72
3.2.4.1. Similaridade entre populações nos pontos de coleta	76
3.2.5. Análise estatística dos dados de biodiversidade	78
4. CONCLUSÃO	79
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
CAPÍTULO II	82
ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE ESPÉCIES DA ICTIOFAUNA AO LONGO DO RIO GRAMAME	
1. INTRODUÇÃO	83

2. MATERIAL E MÉTODOS	84
2.1. ESTRUTURA DE CRESCIMENTO	84
2.1.1. Estrutura em comprimento	84
2.1.2. Relação peso-comprimento	84
2.1.3. Fator de condição (K)	85
2.1.4. Análise estatística dos dados	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
3.1. ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE <i>Cichla ocellaris</i>	86
3.1.1. Estrutura em comprimento	87
3.1.2. Relação peso-comprimento	89
3.1.3. Fator de condição (K)	91
3.2. ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE <i>Hoplias malabaricus</i>	93
3.2.1. Estrutura em comprimento	94
3.2.2. Relação peso-comprimento	96
3.2.3. Fator de condição (K)	97
3.3. ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE <i>Metynnis lippincottianus</i>	100
3.3.1. Classes de comprimento	101
3.3.2. Relação peso-comprimento	102
3.3.3. Fator de condição (K)	103
3.4. ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE <i>Rhamdia quelen</i> (Valenciennes 1840)	105
3.4.1. Estrutura em comprimento	106
3.4.2. Relação peso-comprimento	107
3.4.3. Fator de condição (K)	109
3.5. ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE <i>Prochilodus brevis</i>	110
3.5.1. Estrutura em comprimento	111
3.5.2. Relação peso-comprimento	112
3.5.3. Fator de condição (K)	113
3.6. ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE <i>Centropomus undecimalis</i>	115
3.6.1. Estrutura em comprimento	116
3.6.2. Relação peso-comprimento	116
3.6.3. Fator de condição (K)	117
3.7. ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE <i>Eugerres brasilianus</i>	118

3.7.1. Estrutura em comprimento	119
3.7.2. Relação peso-comprimento	120
3.7.3. Fator de condição (K)	121
4. CONCLUSÃO	122
CAPÍTULO III	123
DIETA ALIMENTAR DE ESPÉCIES DA ICTIOFAUNA AO LONGO DO RIO GRAMAME	
1. INTRODUÇÃO	124
2. MATERIAL E MÉTODOS	125
2.1. LOCAL E PERÍODO DO ESTUDO	125
2.2. ANÁLISE DO CONTEÚDO ESTOMACAL	125
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	126
3.1. ANÁLISES DOS CONTEÚDOS ALIMENTARES DAS ESPÉCIES ANALISADAS	126
3.1.1. Espécie <i>Prochilodus brevis</i>	126
3.1.2. Espécie <i>Hypostomus pusalum</i>	128
3.1.3. Espécie <i>Metynnis lippincottianus</i>	130
3.1.4. Espécie <i>Oreochromis niloticus</i>	131
3.1.5. Espécie <i>Rhamdia quelen</i>	133
3.1.6. Espécie <i>Centropomus undecimalis</i>	135
3.1.7. Espécie <i>Hoplias malabaricus</i>	135
3.1.8. Espécie <i>Cichla ocellaris</i>	137
3.2. CATEGORIAS TRÓFICAS NAS ÁREAS ESTUDADAS	139
4. CONCLUSÃO	141
CAPÍTULO IV	143
BIOACUMULAÇÃO DE METAIS NA ICTIOFAUNA AO LONGO DO RIO GRAMAME	
1. INTRODUÇÃO	144
2. MATERIAL E MÉTODOS	149
2.1. PERÍODO E LOCAIS DE COLETA DOS ORGANISMOS	149
2.2. LOCAIS DAS ANÁLISES DAS AMOSTRAS	149
2.3. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS	150
2.4. PROCEDIMENTO PARA A DIGESTÃO DAS AMOSTRAS NO LEQA	150

2.5. PROCEDIMENTOS PARA DIGESTÃO DAS AMOSTRAS NO IPEN	152
2.6. QUANTIFICAÇÃO DOS NÍVEIS DE CONCENTRAÇÕES DOS METAIS PESADOS NAS AMOSTRAS	152
2.7. ANÁLISES ESTATÍSTICAS DOS DADOS	153
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES	154
3.1. QUANTIFICAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS EM ESPÉCIES NÃO PREDADORAS	154
3.1.1. Espécie <i>Prochilodus brevis</i>	154
3.1.2. Espécie <i>M. lippincottianus</i>	157
3.1.3. Espécie <i>Rhamdia quelen</i>	158
3.1.4. Espécie <i>Eugerres brasiliannus</i>	160
3.2. QUANTIFICAÇÃO DAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS EM ESPÉCIES PREDADORAS	162
3.2.1. Espécie <i>Centropomus undecimalis</i>	162
3.2.2. Espécie <i>Hoplias malabaricus</i>	164
3.2.3. Espécie <i>Cichla ocellaris</i>	166
3.2. BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS ENTRE AS CATEGORIAS TRÓFICAS	168
3.3.1. Categoria trófica Herbívora	168
3.3.2. Categoria trófica Onívora	169
3.3.3. Categoria trófica Carnívora	171
3.4. ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS (PCA)	172
3.5. BIOMAGNIFICAÇÃO DOS METAIS PESADOS ENTRE OS NÍVEIS TRÓFICOS DA CADEIA ALIMENTAR	174
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	175
5. CONCLUSÃO	176
6. PROPOSTAS PARA A GESTÃO PÚBLICA PARA A PESCA	177
REFERÊNCIAS	178
ANEXOS	197

INTRODUÇÃO GERAL

1. INTRODUÇÃO

A água doce é um recurso natural ameaçado em todo mundo, devido ao crescimento da população e à melhoria na qualidade da vida humana, que induzem à competição e conflitos por esse recurso na natureza.

As ações antropogênicas têm afetado amplamente os ecossistemas hídricos, em decorrência da crescente demanda por fontes de energia, controle de enchentes e abastecimento de água para usos diversos, os quais têm contribuído para as construções de diversas represas.

No Brasil, a construção de grandes represas teve seu maior desenvolvimento a partir das décadas de 60 e 70 por vários grandes rios brasileiros, com a finalidade de gerar energia, de forma que ocasionou diversas alterações ecológicas, econômicas e sociais, seja numa escala global, regional ou local (TUNDISI, 1999).

Segundo Agostinho (1992), a barragem de um rio, na maioria das vezes provoca impacto ecológico, por constituir uma barreira intransponível para os peixes, interferindo na migração de espécies reofílicas, sendo estas as mais atingidas por ter seus locais de desova e criadouros naturais reduzidos ou mesmo eliminados, favorecendo as outras espécies a aumentarem suas chances de sobrevivência e reprodução naquele ecossistema (BARRELLA et al., 2000).

Esse tipo de ação é bastante freqüente na região do Nordeste brasileiro, devido a implantação do programa de construções de açudes pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) em rios da região, com a finalidade na irrigação, abastecimento público, controle de enchentes, perenização, agricultura de vazante, recreação, e a produção pesqueira utilizando espécies exóticas, tem provocado grandes alterações na estrutura populacional de uma maioria das espécies da ictiofauna nativa, levando a depleção das populações pela redução na disponibilidade de alimentos e competição pelo espaço físico nos ecossistemas aquáticos (GURGEL, 2004).

Além dos barramentos dos rios, a poluição nas últimas décadas tem sido bastante freqüente, principalmente, em zonas costeiras e nas grandes cidades de todo o mundo, oriundos de despejos urbanos, industriais, agrícolas e de atividades de mineração (VELINI, 2000), ocasiona a contaminação por metais pesados nos ecossistemas aquáticos, provocando grandes modificações nas características físicas e químicas das águas continentais, tornando os rios corpos receptores desses

efluentes, promovendo a desassimilação dos poluentes pelo processo natural de autodepuração e conseqüente redução e/ou extinção da biodiversidade aquática (SILVA, 2002; MENEZES et al., 2006).

Devido às interferências sofridas pelos ecossistemas aquáticos litorâneos e os conseqüentes impactos negativos provocados aos organismos em geral, sendo os peixes os mais afetados devido a sua dominância, grande diversidade de espécies, heterogeneidade, abundância, mobilidade e importante função na cadeia alimentar (WOOTTON, 1999), podem acumular níveis potencialmente tóxicos, cujos efeitos envolvem danos reprodutivos e de desenvolvimento nas espécies (RODRIGUES, 2007), podendo afetar a saúde humana, pela ingestão de peixes contaminados.

Situação semelhante pode ser encontrado a jusante do reservatório do Rio Gramame (área de estudo do presente trabalho), onde são registrados focos de poluição decorrentes da introdução de efluentes de origem doméstica e industrial oriundos do Distrito Industrial de João Pessoa/Conde, que provocam alterações diversas na qualidade da água, bem como, na estrutura da cadeia alimentar da biota aquática e até atingir a saúde das comunidades ribeirinhas (GARCIA et al., 2008).

Com alguns estudos realizados com registro de metais-traço na água do Rio Gramame (ABRAÃO, 2006; TOSCANO et al., 2009), ainda se faz necessário uma maior periodicidade amostral e abrangência espacial, visto que, segundo Cabana et. al (1994), e Mansour e Sidky (2002), as concentrações desses elementos na água, geralmente, estão abaixo dos níveis registrados na biota íctica, principalmente, em predadores de topo de cadeia alimentar.

Diante da importância do Rio Gramame para a grande João Pessoa/PB, como reserva para abastecimento de água e a preservação da sua biodiversidade, faz-se necessário, uma avaliação na composição da ictiofauna, bem como, a verificação da bioacumulação de metais pesados e uma possível influência do fenômeno da biomagnificação dos elementos tóxicos entre os níveis tróficos da cadeia alimentar, visto que, as concentrações desses elementos não deverão atingir os níveis máximos permitidos pela legislação vigente (ANVISA, 2012).

O presente trabalho encontra-se estruturalmente subdividido em quatro capítulos, sendo o primeiro com objetivo de determinar a composição da ictiofauna nos diferentes pontos de amostragem a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, como forma, de registrar a diversidade, a riqueza de espécies, bem como, a similaridade das populações na comunidade ictiofaunística ao longo do rio. O

segundo capítulo propõe-se a determinar a estrutura de crescimento das espécies de peixes mais abundantes capturados nos pontos de amostragem nas áreas de estudo, visando acompanhar a dinâmica dessas populações nos ambientes estudados. O terceiro capítulo, tem por finalidade determinar a dieta alimentar das espécies de maior abundância, com o intuito de identificar os níveis tróficos da cadeia alimentar ao longo do Rio Gramame e a partir desses dados registrar a biomagnificação dos elementos tóxicos nas espécies.

O quarto e último capítulo, tem por finalidade a quantificação das concentrações de metais pesados, a sua bioacumulação e biomagnificação na ictiofauna entre os pontos de coleta ao longo do Rio Gramame, como forma, de identificar o nível de contaminação desses elementos químicos entre os níveis tróficos da cadeia alimentar nos ambientes estudados, de forma poder contribuir para aplicação de políticas públicas, em caso de detecção de contaminação acima dos limites máximos permitidos, através de divulgação aos órgãos competentes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Determinar a diversidade da ictiofauna e bioacumulação por metais pesados entre os níveis tróficos na cadeia alimentar ao longo do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, Paraíba.

2.2. Objetivos Específicos

- Determinar a diversidade da ictiofauna e sua influência pela sazonalidade da região;
- Registrar a diversidade ictiológica nas áreas de estudo ao longo do Rio Gramame;
- Verificar a estrutura de crescimento das espécies de peixes nas áreas de estudo ao longo do Rio Gramame;
- Identificar a composição da dieta alimentar da comunidade íctica e a influência da sazonalidade nos pontos de coleta nas áreas estudadas, visando a identificação das categorias tróficas ao longo do Rio Gramame;

- Quantificar as concentrações de metais pesados no tecido muscular de espécies de peixes e crustáceos, e a influência da sazonalidade da região sobre a bioacumulação na cadeia trófica nas áreas de estudo;
- Relacionar a biomagnificação dos metais pesados na ictiofauna entre os níveis tróficos da cadeia alimentar das espécies analisadas;
- Registrar ao longo do Rio Gramame, as regiões e as espécies ícticas passíveis de contaminação por metais, para posteriormente informar os órgãos competentes.

3. HIPÓTESES TESTADAS

H1: A composição da ictiofauna difere entre as áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame e é influenciada pela sazonalidade da região.

H2: A diversidade ictiológica difere com a sazonalidade da região e/ou entre os pontos de coleta nas áreas estudadas.

H3: A estrutura de crescimento das espécies ícticas difere entre as áreas de estudo, quanto ao sexo dos indivíduos e os períodos de chuva e estiagem da região.

H4: A dieta e a preferência alimentar das espécies ícticas difere entre as áreas de estudo (montante e jusante) e as estações do ano.

- **H5:** As concentrações de metais pesados das espécies de peixes e crustáceos sofrem influência da sazonalidade da região e da bioacumulação na cadeia trófica nas áreas estudadas.
- **H6:** A bioacumulação de metais pesados na ictiofauna entre os níveis tróficos da cadeia alimentar difere em os ambientes analisados.
- **H7:** Existe biomagnificação de metais pesados entre os níveis tróficos e espécies de ícticas, nas áreas de estudo amostradas.

4. ÁREA DE ESTUDO

O presente trabalho foi desenvolvido ao longo do Rio Gramame, corpo aquático integrante da bacia do Rio Gramame, situado entre as coordenadas geográficas de 7°11' e 7°23' de Latitude Sul e 34°48' e 35°10' de Longitude Oeste.

A bacia do Rio Gramame está localizada no litoral Sul do Estado da Paraíba, abastece cerca de 70% dos municípios da grande João Pessoa, como, Santa Rita, Cabedelo, Bayeux, Conde, Alhandra e Pedras de Fogo (IBGE, 2010). Seus principais cursos d'água estão localizados no município de Pedras de Fogo até o litoral Sul de João Pessoa/PB, onde atravessa áreas rurais e o Distrito Industrial da capital do Estado da Paraíba (MACHADO, 2005).

Diante desse cenário, a partir da década de 80, vários estudos foram desenvolvidos na bacia do Rio Gramame, sobre o monitoramento das condições físicas e químicas (PAZ, 1988; WATANABE et al., 1990); verificação dos níveis de metais pesados na água dos rios Gramame e Mumbaba (MACHADO et al., 2005; ABRAHÃO 2006; TOSCANO, 2009); como também, sobre a diversidade biológica, com registros da ictiofauna (CANNELA; RODRIGUES, 1978; PEDRO, 1995; TORELLI et al., 1997; GOMES-FILHO; ROSA, 2009; BELTRÃO et al., 2009), e de aspectos reprodutivos e alimentares dessa assembléia (MARQUES, 1996; SOARES et al., 1998; TORELLI et al., 2009).

No entanto, esses estudos não apresentaram ampla periodicidade amostral, nem registros de espécies indicadoras de qualidade ambiental, principalmente, considerando a possível contaminação por metais pesados.

4.1. Caracterização da bacia hidrográfica do Rio Gramame

4.1.1. Aspectos físicos e climatológicos da região

A bacia hidrográfica do Rio Gramame apresenta uma área de drenagem de 589,1 km² e perímetro de 123,30 km, é composta por rios perenes, tendo como principal curso de água, o Rio Gramame, com uma extensão de 54,3 km desde a sua nascente na região de Oratório, no município de Pedras de Fogo, até a foz, no Oceano Atlântico.

A bacia é constituída por vários afluentes perenes, na sua margem esquerda, os Rios Mumbaba e Mamuaba, bem como, os Riachos de Santa Cruz, Quizada, Bezerra, Angelim, Botamonte e Camaço. Na margem direita, os riachos Água Boa, Utinga, Pau Brasil, Pitanga, Ibura e Piabuçu, e tem a sua foz, na Barra de Gramame, onde faz limite entre os municípios de João Pessoa e Conde. As sub-bacias dos Rios Mumbaba,

Mamuaba e Água Boa formam a bacia, juntamente com a bacia do Rio Gramame, que abastecem o reservatório Gramame Mamuaba.

4.1.2. Geologia da bacia do Rio Gramame

A bacia do Rio Gramame apresenta formações geológicas de embasamento cristalino da idade pré-cambriana, bacia costeira Pernambuco – Paraíba, com desenvolvimento do Cretáceo superior ao Terciário inferior, depósitos correlatos (Grupo Barreiras) com distribuição preferencial na faixa costeira e sedimentos de praia e aluviões de distribuição mais restrita e específica (SEMARH, 2000).

4.1.3. Cobertura vegetal da bacia do Rio Gramame

A cobertura vegetal que envolve a bacia do Rio Gramame apresenta uma grande diversidade florística, entretanto, o elevado grau de alterações antrópicas para atender às indústrias de mineração, panificações e olarias com fornos a lenha, tem provocado a devastação da cobertura vegetal. A especulação imobiliária, assim como, a produção das monoculturas como, o cultivo do abacaxi e da cana-de-açúcar são atividades econômicas que têm contribuído para o desaparecimento da vegetação nativa, além das demais atividades antropogênicas, como a construção de estradas e reservatórios de água, que também contribuem negativamente para a cobertura vegetal da bacia.

A cobertura vegetal da bacia tem um alto grau de devastação, devido a uma exploração desordenada. Segundo Fonseca (2008), estudos indicam que existem apenas 12,9% da vegetação nativa na bacia, resumindo-se à cobertura de mangues, *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), *Avicennia schaueriana* (mangue-preto), resquícios de mata atlântica do tipo floresta estacional semidecidual das terras baixas, incluindo a mata ciliar e encostas com manchas dos tabuleiros (BRASIL, 1981).

4.1.4. Climatologia da região da bacia do Rio Gramame

A bacia do Rio Gramame encontra-se na região litorânea, que é caracterizada por um período de estiagem prolongado, de aproximadamente 6 meses (de setembro a fevereiro), já o período chuvoso contribui, em média, com cerca de 76% do total anual de precipitação (SEMARH, 2000).

Segundo a classificação de Köppen, a região da bacia está inserida em dois tipos climáticos: Aw'i (região litorânea) e BS'h' (pequena porção ocidental da bacia). A classe Aw'i indica um clima tropical úmido, com estação seca no outono e BSw'h' indica um clima seco do tipo estepe, também com estação seca no outono.

A evaporação média anual na bacia é de cerca de 1.600 mm, enquanto a precipitação total anual varia entre 800 e 1.800 mm, com um elevado gradiente de precipitação no sentido Leste-Oeste, estando as áreas de maior concentração pluviométrica nas proximidades do oceano Atlântico.

4.1.5. Uso do solo da bacia do Rio Gramame

A bacia do Rio Gramame é responsável pelo abastecimento de água de 60% das populações dos municípios que fazem parte da grande João Pessoa (Santa Rita, Cabedelo, Lucena, Bayeux, Conde, Alhandra e Pedras de Fogo) (SEMARH, 2000).

O solo na região da bacia é utilizado para as atividades de irrigação, industrialização, mineração, turismo e lazer.

Segundo Abrahão (2006), a bacia do Rio Gramame recebe efluentes do Distrito Industrial, em que constam cerca de 83 fábricas em pleno funcionamento. Segundo a Companhia da Industrialização do Estado da Paraíba (CINEP), atualmente esse número passou de 140. No distrito industrial da cidade de João Pessoa, as indústrias são de pequeno, médio e grande porte, de diversos gêneros, como: alimentos, bebidas, metalúrgicas, reciclagem, móveis, tubos PVC, pré-moldados, produtos elétricos, têxteis, calçados, produtos plásticos, tintas, gráficas, algas marinhas, borracha, papel, adesivos, espuma, produtos cerâmicos, beneficiamento de granito e betonita.

4.2. Período das coletas dos espécimes de peixes

Os espécimes de peixes que serviram como material biológico para o presente trabalho foram coletados em 10 pontos de amostragem, distribuídos entre as áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, bacia do Rio Gramame, Paraíba, nos turnos diurnos e noturnos (Fig. 1, 2 e 3), contemplando as estações do ano de 2010 a 2011.

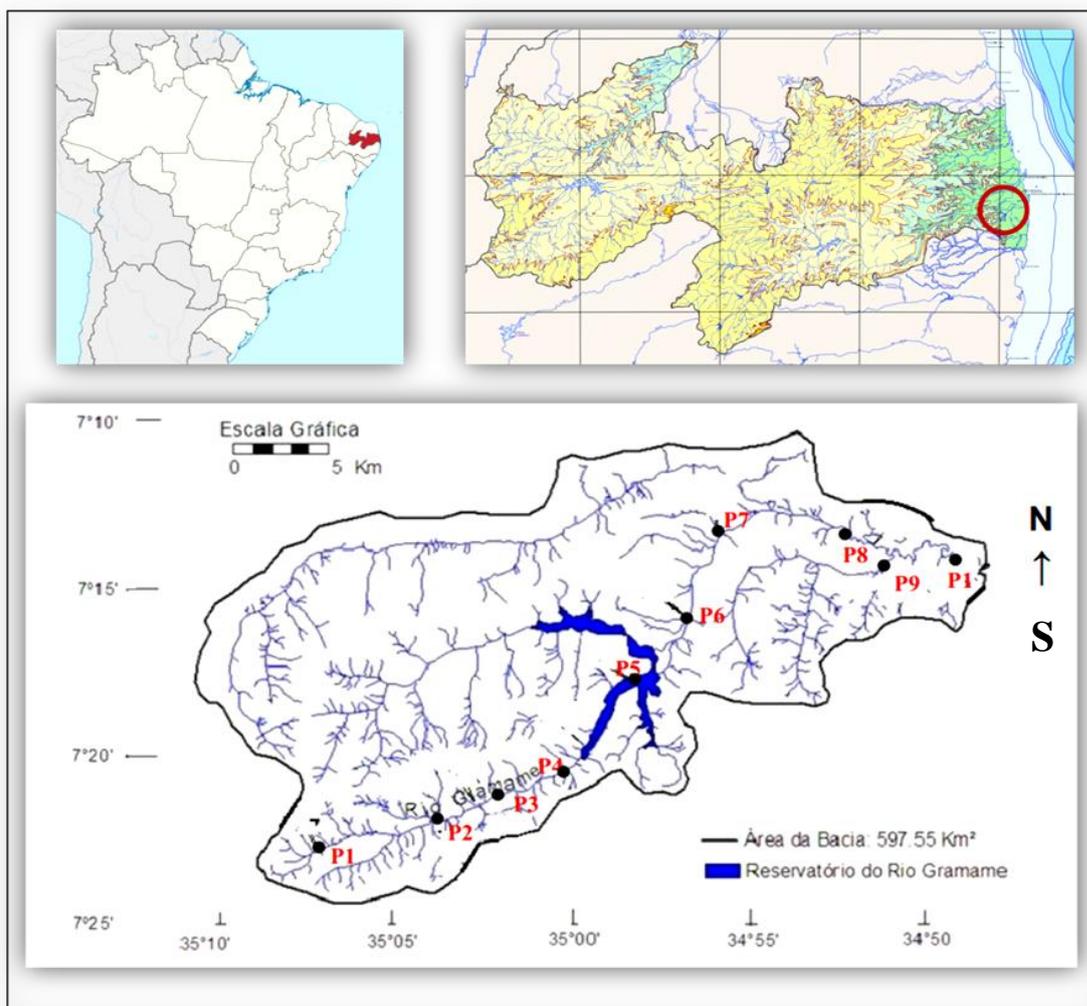


Figura 1. Localização da Bacia do Rio Gramame, mostrando os 10 pontos de coletas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, PB. Foto: Maria Marcolina L. Cardoso

4.2.1. Pontos de coleta situados a montante do reservatório do Rio Gramame

As amostras coletadas para as análises de diversidade, crescimento, dieta alimentar e bioacumulação de metais na ictiofauna foram obtidas nos pontos de coleta situados a montante (P1 a P5) do reservatório do Rio Gramame, como descritos abaixo:

- Ponto P1: Açude do INCRA, situado entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}24'29,5''S$ de Latitude e $35^{\circ}06'29,9''W$ de Longitude, próximo à nascente do Rio Gramame, município de Pedras de Fogo/PB.
- Ponto P2: Confluência do riacho Utinga com o Rio Gramame, situado entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}23'05,3''S$ de Latitude e $35^{\circ}02'58,7''W$ de Longitude, no município de Pedras de Fogo/PB.

- Ponto P3: Confluência do riacho Quizada com o Rio Gramame, situado entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}23'31,8''$ S de Latitude e $35^{\circ}01'32,3''$ W de Longitude, no município de Pedras de Fogo/PB.
- Ponto P4: Início do reservatório do Rio Gramame, Vaiscecada, Pedras de Fogo/PB, situado entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}22'31,8''$ S de Latitude e $34^{\circ}59'32,3''$ W de Longitude, município de Pedras de Fogo/PB.
- Ponto P5: Reservatório do Rio Gramame, situado entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}17'49''$ S de Latitude e $34^{\circ}57'37''$ W de Longitude, município de Alhandra/PB.



Figura 2. Visão parcial dos pontos de amostragem a montante do reservatório (a) P1 (Açude do Incra), (b) P2 (Confluência do riacho Utinga com Rio Gramame), (c) P3 (Confluência do riacho Quizada com Rio Gramame, (d) P4 (Rio Gramame, Vaiscecada), (E) P5 (Reservatório do Rio Gramame). Foto: Maria Cristina Crispim (2010).

4.2.2. Pontos de amostragem situados a jusante do reservatório do Rio Gramame

- Ponto P6: Confluência do rio Mumbaba com o Rio Gramame, situado entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}12'31,5''$ S de Latitude e $34^{\circ}55'31,0''$ W de Longitude, João Pessoa/PB.
- Ponto P7: Rio Gramame, situado em Engenho Velho entre as coordenadas geográficas, $7^{\circ}13'08''$ S de Latitude e $34^{\circ}53'44''$ W de Longitude, João Pessoa/PB.
- Ponto P8: Rio Gramame, situado em Mituaçu, entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}15'52,1''$ S de Latitude e $34^{\circ}53'30''$ W de Longitude, município de Conde/PB.
- Ponto P9: Confluência do Rio Jacoca com o Rio Gramame, situado em Mituaçu, entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}16'58,2''$ S de Latitude e $34^{\circ}51'42,5''$ W de Longitude, município de Conde/PB.
- Ponto P10: Rio Gramame, situado no bairro de Monsenhor Magno, entre as coordenadas geográficas $7^{\circ}14'52''$ S de Latitude e $34^{\circ}00'42,5''$ W de Longitude, João Pessoa/PB.

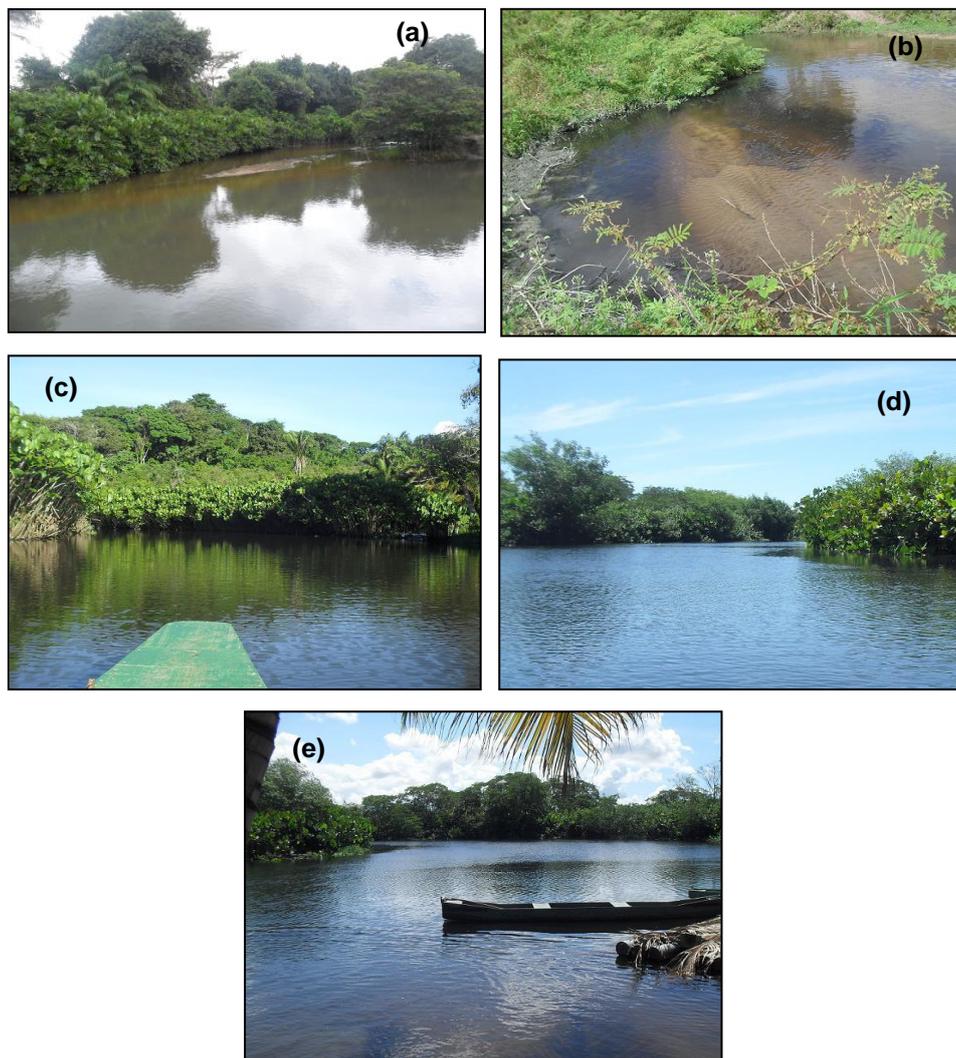


Figura 3. Visão parcial dos pontos de amostragem a jusante do reservatório do Rio Gramame. (a) P6 (Confluência do Rio Mumbaba com o Rio Gramame), (b) P7 (Rio Gramame, Engenho Velho), (c) P8 (Rio Gramame, Mituaçu), (d) P9 (Confluência do Rio Jacoca com Rio Gramame), (e) P10 (Rio Gramame, Monsenhor Magno). Foto: Maria Cristina Crispim (2010).

4.2.3. Parâmetros meteorológicos e limnológicos ao longo do Rio Gramame

Para identificar os períodos de estiagem e chuva de região de estudo, foram obtidos os dados de precipitação pluviométrica através de registros mensais fornecidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2012).

Segundo a AESA (2012), durante os períodos de 2010 e 2011, as chuvas na região da Bacia do Rio Gramame, tiveram início a partir do mês de abril, chegando até o mês de

agosto, com índices médios entre 100,3 a 282,5 mm nos municípios de Alhandra e Pedras de Fogo, e de 87,1 a 275,9 mm entre os municípios de João Pessoa e Conde.

No período de estiagem de 2010, as taxas de precipitação média variaram entre 10 e 32,9 mm, entre os meses de setembro a dezembro, nos municípios de Alhandra e Pedras de Fogo, e em 2011 as taxas apresentaram menor amplitude inicial, variando de 0,0 mm a 39,8 mm entre os meses de julho a dezembro para os mesmos municípios.

Nos municípios de João Pessoa e Conde, o período de chuva de 2010 foi mais tardio que em 2011, ocorreu entre os meses de abril e agosto, e de janeiro a agosto, com médias entre 87,1 e 275,9 mm, e de 198 a 551,9 mm, respectivamente (Fig. 4).

No período de estiagem de 2010, as médias dos índices pluviométricos foram relativamente baixas, com variação entre as médias de 0,0 a 56,8 mm de precipitação, distribuída entre os meses de setembro e dezembro. Em 2011, o período de estiagem apresentou médias menores que a média máxima do ano anterior, com índices médios variando de 9,0 a 47,8 mm nos meses de setembro a dezembro (Fig. 4).

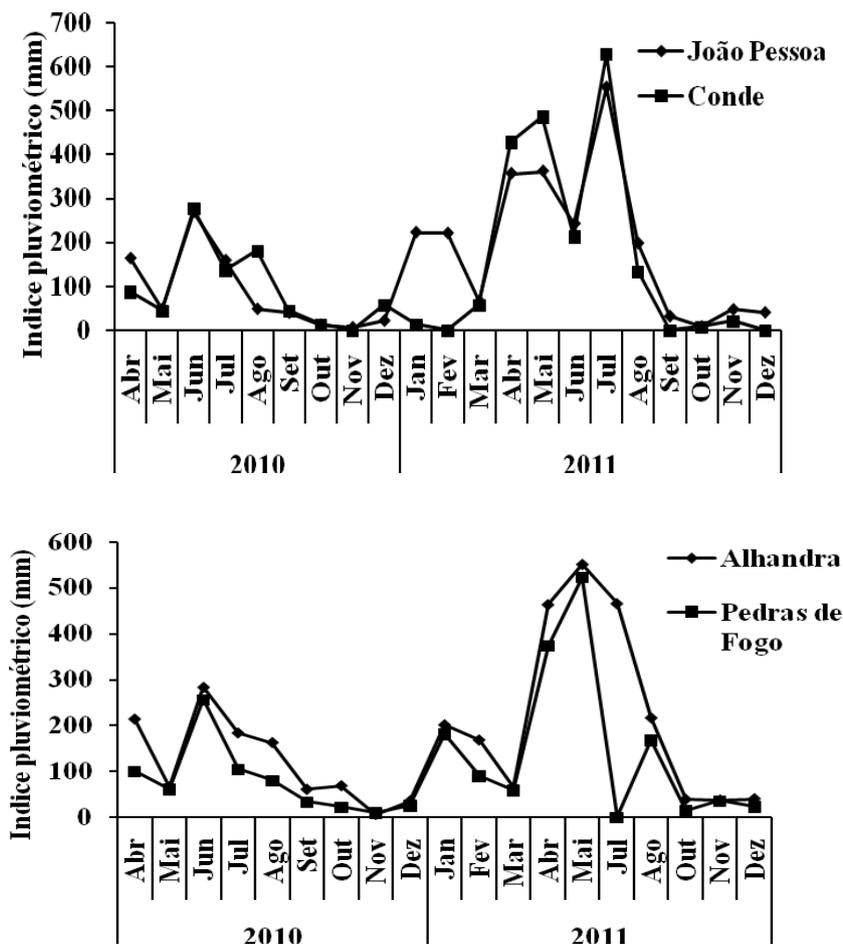


Figura 4. Índices pluviométricos registrados na região da Bacia do Rio Gramame, nos municípios de João Pessoa, Conde, Alhandra e Pedras de Fogo, Estado da Paraíba, durante os períodos de 2010 a 2011. Fonte: AESA (2012).

CAPÍTULO I

DIVERSIDADE DA ICTIOFAUNA DO RIO GRAMAME, BACIA DO RIO GRAMAME, PARAÍBA

1. INTRODUÇÃO

Os peixes são os vertebrados mais antigos e numerosos dos ecossistemas aquáticos, com mais de 20.000 espécies conhecidas, com a maioria habitando águas tropicais (LOWE-MCCONNELL, 1999). Estima-se que os ambientes de água doce abrigam cerca de 13.000 espécies de peixes, estritamente dulceaquícolas, e habitam uma área que corresponde a 1% da superfície do planeta (LÉVÊQUE et al., 2008).

Segundo Agostinho e Júlio (1996), os registros da maior diversidade de peixes de todo o planeta estão na região Neotropical, no entanto, foi a que recebeu um maior número de espécies exóticas (25,3% do total de todo o mundo). Entre os países, o Brasil foi o de maior ocorrência dessas introduções, tendo como fim, o aumento na produção pesqueira para uma melhoria da subsistência da população ribeirinha. No entanto, atualmente essas introduções são bastante questionadas, inclusive para o fim a que se propuseram. Mesmo assim, o Brasil, com sua grande extensão territorial, apresenta uma considerável diversidade de espécies de peixes de água doce, correspondendo a mais de 2.400 espécies, especialmente, nos rios da Amazônia e da Mata Atlântica (LOWE-MCCONNELL, 1999; BARRELLA et al., 2000).

As principais causas da perda direta da biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, são originárias da poluição e eutrofização, assoreamento, construção de barragens e controle de cheias, pesca e introdução de espécies (AGOSTINHO et al., 2005), provocam a degradação do habitat. A sobrepesca dos estoques, a introdução de espécies exóticas (LATINNI, 2001), ocasiona a erradicação de espécies nativas e a desestruturação das comunidades aquáticas (ROSA et al., 2005).

No Nordeste do Brasil, o conhecimento acerca da ictiofauna de água doce é insciciente, se comparada com a região amazônica e a do pantanal. Poucos são os registros sobre a sua sistemática (TORELLI et al., 1997); ROSA et al., 2003; ROSA; GROTH, 2004), e sobretudo de quantitativos de suas populações (GURGEL; CANAN, 1999; GURGEL et al., 2002; CHELLAPA et al., 2009; MORAIS et al., 2012).

No estado da Paraíba, mais especificamente, na bacia do Rio Gramame, área de estudo do presente trabalho, só a partir da década de 80, é que foram iniciados os

estudos de monitoramento da qualidade da água (PAZ et al., 1988), diversidade da ictiofauna com registro na composição dos *taxa* (TORELLI et al., 1997) quando foram registrados para o Rio Gramame, 15 famílias, 22 gêneros e 22 espécies. Em seguida, Gomes-Filho e Rosa (2009), verificaram um aumento no número de *taxa* na composição da Bacia do Rio Gramame, com inclusão de espécies alóctones e exóticas em toda a área da bacia.

Além de estudos sistemáticos da ictiofauna, outros aspectos também foram analisados em trabalhos realizados na área da Bacia do Rio Gramame, como os efeitos da zona riparia sobre a diversidade íctica (BELTRÃO et al., 2009), aspectos reprodutivos, alimentares e de crescimento (MARQUES, 1996; SOARES et al., 1998).

O presente trabalho tem como objetivo, registrar a diversidade e abundância da ictiofauna ao longo do Rio Gramame, com o intuito de definir as áreas e as espécies prioritárias para a conservação e manejo do ambiente estudado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e período de coletas

Os espécimes foram capturados de abril de 2010 a dezembro de 2011, contemplando as estações de chuva e estiagem da região. Foram estabelecidos dez pontos de amostragem ao longo do Rio Gramame, sendo cinco pontos situados a montante do reservatório, distribuídos entre os municípios de Alhandra e Pedras de Fogo e cinco pontos a jusante do reservatório do Rio Gramame, situados entre os municípios de João Pessoa e Conde, no estado da Paraíba (Fig. 1, 2 e 3, descritas na Área de Estudo).

Para a captura dos espécimes foi utilizado a rede de espera (malhas de 15 a 35 mm entre nós adjacentes), tarrafa, covos e gererê, como também, alguns espécimes foram adquiridos por pescadores das comunidades ribeirinhas, visando uma maior representação da diversidade de espécies da ictiofauna ao longo do Rio Gramame.

Após as coletas, os exemplares foram etiquetados, acondicionados em sacos plásticos com gelo em caixa térmica e transportados para o Laboratório de Ecologia Aquática (LABEA) do DSE/CCEN/UFPB, e em seguida, realizada as análises laboratoriais.

Durante o período chuvoso de 2010, as coletas foram realizadas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos meses de abril, junho, julho e agosto e durante o período de estiagem, nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro.

Em 2011, a montante do reservatório durante o período de chuva, as coletas foram realizadas entre os meses de fevereiro e abril, e no período de estiagem, ocorreram entre os meses de julho a dezembro. Neste mesmo ano, as coletas a jusante do reservatório, ocorreram no período chuvoso, entre os meses de abril e julho, e na estiagem, nos meses de fevereiro, agosto, setembro e novembro, contemplando as estações de estiagem e chuva da região estudada (Fig. 5, descrita na área de estudo).

Os parâmetros limnológicos da água dos ambientes analisados, tais como, temperatura da água (°C), oxigênio dissolvido (mg/L), pH, condutividade elétrica (μScm^{-1}) e salinidade (‰) foram determinados através de sonda multiparâmetros, como forma de analisar a existência ou não de interações significativas entre a composição da ictiofauna e aspectos ambientais.

2.2. Triagem e identificação taxonômica

No laboratório, os exemplares passaram por uma triagem e, posteriormente, foram fixados em formol a 10% e conservados em álcool a 75%. Em seguida, foram selecionados representantes testemunhos de cada espécie para a catalogação na Coleção Ictiológica do DSE/CCEN/UFPB, que receberam a seguinte numeração no catálogo: UFPB 7318 a 7332.

As espécies ícticas foram identificadas utilizando chaves taxonômicas descritas na literatura (BRITISKI et al., 1984; MENEZES; FIGUEIREDO, 1980; FIGUEIREDO; MENEZES, 1978,1980; VARI, 1991; PLOEG, 1991; GOMES-FILHO, 1999). Assim como, em colaboração com pesquisadores da Coleção Ictiológica do DSE/CCEN/UFPB.

2.2.1. Análise dos dados

2.2.1.1. Composição da ictiofauna ao longo do Rio Gramame

A composição da ictiofauna foi conhecida após a identificação taxonômica das espécies e, em seguida, foi determinada a abundância relativa (%) dos indivíduos capturados nos pontos de coleta amostrados a montante e a jusante do reservatório, durante as estações de chuva e estiagem da região analisada.

2.2.1.2. Diversidade ecológica

A diversidade ictiológica foi estimada a partir do índice de Shannon (1949), o qual está relacionado diretamente com a estabilidade da comunidade e inversamente com o grau de alteração dos ecossistemas. De acordo com Pinto-Coelho (2000), o índice de Shannon (H'), reflete dois atributos básicos: o número e a equitatividade de espécies, assumindo que todos os indivíduos são amostrados aleatoriamente, e que todas as espécies estão representadas na amostra. Assim, quando $H' > 3,0$: a diversidade é considerada alta; entre 3,0 e 2,0: representa uma diversidade média; entre 2,0 e 1,0: diversidade baixa e $< 1,0$, a diversidade é muito baixa. O índice de Shannon (H') é determinado de acordo com a equação:

$$H' = \sum (n/N) \log (n/N)$$

Onde:

n = nº de indivíduos de cada espécie;

N = nº total de indivíduos.

A uniformidade entre as espécies “equitabilidade” foi calculada usando-se o índice de equitabilidade de Simpson (HAMMER et al., 2003). O índice estabelece uma relação direta com a diversidade e demonstra a riqueza de espécies presentes através da distribuição dos indivíduos nas espécies. Este índice pode variar entre 0 e 1, de modo que, quanto mais próximo de 1, maior é a uniformidade da abundância dos indivíduos entre as espécies (PINTO-COELHO, 2000), sendo determinado de acordo com a seguinte equação:

$$J = H' / \ln(S)$$

Onde,

S = nº de espécies por coleta;

H' = Índice de Shannon.

A riqueza de espécies foi determinada a partir da sua abundância relativa nos pontos amostrados e de acordo com a sazonalidade da região. Para descrever a riqueza de espécies entre as unidades amostrais no ambiente estudado, realizou-se a curva do coletor a partir da estimativa de riqueza de Chao 1, o qual se baseia na abundância dos espécimes

por espécies presentes na área de estudo (COLWELL, 2004), sendo calculado a partir do Software Primer 6.1.6, de acordo com a equação:

$$Chao\ 1 = S_{obs} + (a^2/2b),$$

Onde,

S_{obs} = número de espécies observado

a = é o número de espécies representadas por apenas um espécime (*Singletons*)

b = é o número de espécies representado por exatamente dois espécimes (*Doubletons*).

2.2.2. Análises estatísticas dos dados

- **Teste de diferença entre as médias de diversidade**

As diferenças entre as médias dos índices de diversidade entre as áreas e entre os pontos amostrados foram calculadas utilizando-se o *teste-t* para amostras independentes quando os dados apresentaram distribuição normal, e teste de Mann-whitney quando a normalidade dos dados não foi verificada.

- **Análise de Cluster**

Foram realizadas análises de cluster utilizando o método das distâncias mínimas de Ward, para determinar a maior similaridade (ou menor distância) entre os pontos de coleta em cada estação do ano (chuva e estiagem) (HAMMER et al., 2009), determinado através do software R (R. Development Core Team 2012).

- **Análise de correspondência canônica (CCA)**

A análise de correspondência canônica (CCA) foi efetuada utilizando-se os dados de abundância das espécies para cada uma das áreas por estação do ano, bem como, método de coleta, com o intuito de verificar a relação das espécies com as áreas estudadas, sendo determinado através do software CANOCO Version 4.5 (2002).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Parâmetros limnológicos ao longo do Rio Gramame

Na área a montante do reservatório do Rio Gramame, durante o período de chuva e estiagem, os parâmetros limnológicos analisados revelaram variações entre os pontos de coleta e as estações do ano, considerando todo o período analisado.

3.1.1. Profundidade dos pontos de amostragem

A profundidade dos ambientes amostrados a montante do reservatório, apresentou variação entre os pontos de coleta e a sazonalidade da região, com valores médios menores nos pontos P2 e P3, variando entre 0,5 e 1,0 m nos períodos de chuva e estiagem, respectivamente. Enquanto que, entre os pontos P1, P4 e P5 durante as estações de chuva e estiagem, a profundidade foi a maior registrada, variando com valores médios de 5 a 10 m, e de 3 a 7 m, respectivamente, devido apresentarem características mais lânticas que os pontos de amostragem no curso do rio, pontos P2 e P3 (Fig. 1).

A jusante do reservatório, os pontos amostrados apresentaram profundidade relativamente maior, com variações entre os pontos de coleta e a sazonalidade da região.

Os ambientes amostrados (P6 a P10) durante o período de chuva apresentaram profundidade superior ao do período de estiagem, com valores mínimos de 1 a 4 m e máximos de 6 a 8 m, respectivamente.

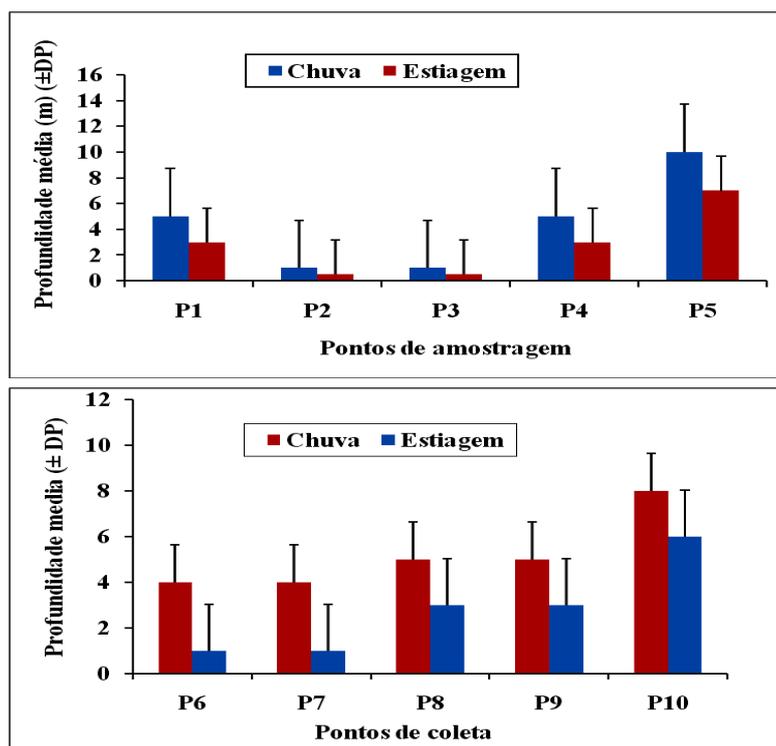


Figura 1. Profundidade média (\pm DP) dos ambientes amostrados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a

3.1.2. pH da água ao longo do Rio Gramame

Os resultados dos valores de pH nos pontos de coleta na região a montante do reservatório, revelaram diferenças ($P < 0,05$) com a sazonalidade da região e mostraram uma ligeira acidez nas águas durante o período de chuva, com valor mínimo de 5,6 e máximo de 7,0 ($\pm 0,6$). Durante a estiagem, diferentemente do observado a montante, os valores do pH foram mais altos, mostrando águas mais alcalinas variando entre 6,7 e 7,9 ($\pm 0,5$) (Fig. 2).

A jusante do reservatório, o pH foi mais elevado que a montante do reservatório, revelando uma alcalinidade das águas durante o período de chuva, com valores mínimos e máximos de 7,0 a 7,7, enquanto que, na estiagem, o pH variou de ácido a alcalino, com valores de no máximo 6,7 a 7,9, respectivamente. Durante a estiagem, houve um aumento nos valores de pH, que possivelmente esteja relacionado com o aumento do estado trófico nos ambientes, visto que, na presença de taxas fotossintéticas mais elevadas, as microalgas são os principais responsáveis pela absorção biológica do CO_2 atmosférico,

tornando a água mais alcalina (BORGES et al., 2007). No geral, os valores detectados para o pH nos ambientes analisados, estiveram dentro dos valores que proporcionam um crescimento adequado aos peixes (SIPAÚBA-TAVARES, 1994).

O pH das águas de nascentes é menos elevado (DONADIO et al., 2005), o que determina a característica mais ácida das águas da área a montante do reservatório. As águas do mar apresentam um pH mais elevado em torno de 7,5 a 8,5, o que justifica os valores mais elevados registrados a jusante do reservatório, além disso, geralmente os reservatórios têm maior produção algal que os rios, o que torna as suas águas mais alcalinas, o que também pode interferir na maior alcalinidade a jusante.

3.1.3. Temperatura da água ao longo do Rio Gramame

A temperatura na água, segundo Vinatea (1997) é um dos principais fatores limitantes a uma grande variedade de processos biológicos, desde a velocidade de simples reações químicas até à distribuição ecológica de uma espécie animal. Quanto maior for a temperatura na água, maior será a velocidade de crescimento dos animais, desde que todas as demais variáveis se conservem em condições favoráveis. Por outro lado, o aumento na temperatura é um fator crítico, que leva a uma diminuição na solubilidade dos gases na água, ao mesmo tempo em que aumenta a demanda de oxigênio dissolvido por parte dos organismos.

Os resultados obtidos da temperatura da água dos pontos amostrados a montante do reservatório mostraram que em ambos os turnos analisados, os valores da temperatura estiveram dentro da faixa recomendada para as espécies estudadas, que revelou uma pequena variação entre as estações do ano. Os dados apresentaram média de 28 °C no período de chuva, e valor mínimo de 28 °C no ponto P1, e de máximo de 31,7 °C no ponto P4 nesse mesmo período. Na estiagem, a temperatura foi similar ao período de chuva, no entanto, apresentou alterações entre os pontos de coleta, variando entre 28,1 °C no ponto P3 a 33 °C no ponto P5. O aumento da temperatura no ponto P5 é justificado pelo ponto de coleta encontrar-se situado no início do reservatório, o qual apresenta características lânticas, o que leva a um aumento na temperatura deste local. Por outro lado, a jusante do reservatório, os pontos amostrados apresentaram pouca variação entre as estações do ano, com valores, mínimos e máximos de 26,2 °C a 28,2 °C, respectivamente, durante o período chuvoso, e de 25 °C a 29,5 °C durante o período de estiagem na região estudada.

Resultados similares aos do presente trabalho foram revelados por Santos et. al (2001), no reservatório de Lages/RJ, que constataram que os fatores ambientais como a temperatura e o pH apresentaram valores mais elevados durante o período de estiagem. O mesmo foi observado por Meireles et. al (2007), que analisaram as águas do açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no semi-árido cearense e registraram temperatura média durante a estiagem de 28 °C, enquanto nos períodos de chuvas o valor médio foi de 24 °C.

Os valores de temperatura na água dos ambientes analisados estiveram dentro da faixa ideal de conforto térmico para o crescimento de espécies de peixes tropicais (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994).

3.1.4. Níveis de oxigênio dissolvido ao longo do Rio Gramame

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. A sua solubilidade na água depende de dois fatores principais, temperatura e pressão atmosférica (ESTEVES, 1988).

A demanda de oxigênio pelos peixes varia com a espécie, o tamanho, a atividade, a alimentação e o estresse. De uma forma geral, teores de oxigênio dissolvido na água, igual ou inferior a 1 mg/L são considerados letais, entre 1 e 3 mg/L subletal, de 3 a 5 mg/L suportável e acima de 5 mg/L é considerado ótimo (PROENÇA e BITTENCOURT, 1994).

Os níveis de oxigênio dissolvido (mg/L) na água dos pontos de coleta amostrados a montante do reservatório revelaram diferenças entre as estações do ano em todo o período de estudo. Durante o período de chuva, o oxigênio dissolvido observado revelou valores menores nos pontos de coleta P1 e P5 (3 mg/L e 4,3 mg/L), e os maiores valores foram evidenciados nos pontos P2 e P4 (7,4 mg/L e 6,5 mg/L). O ponto P1 está situado na nascente, o que justifica as menores concentrações de oxigênio dissolvido, pois existe menor produtividade. Os pontos P2 e P3 são áreas de riachos, o que justifica as maiores concentrações de oxigênio, devido ao fluxo da água. O ponto P5 apresenta um caráter lântico e, apesar de ter maior produtividade, também apresenta maiores taxas de decomposição, o que pode explicar a diminuição nas taxas de oxigênio dissolvido na água, visto que, a temperatura neste ponto não se apresentou mais elevada, o que também poderia justificar a diminuição nos valores de oxigênio. Já na estiagem, os valores de oxigênio dissolvido não apresentaram grandes variações, ficaram com concentrações

próximas às do período chuvoso, com os menores valores de oxigênio dissolvido evidenciados nos pontos P5 e P4 (3,2 mg/L e 3,7 mg/L) e os maiores valores foram apresentados pelos pontos P1 e P2 (6,3 mg/L, 6,7 mg/L) (Fig. 2).

Resultados mais elevados de oxigênio dissolvido foram registrados por Da Paz (1988) para a mesma área do Rio Gramame, que revelaram teores de 10,83 mg/L durante o período de chuva e de 6,3 mg/L durante a estiagem, provavelmente por apresentar uma velocidade de corrente mais elevada.

A jusante do reservatório, registraram-se concentrações menores de oxigênio no ponto P7 e maiores no ponto P6 (2,6 e 3,3 mg/L, respectivamente), durante o período de chuva.

Durante o período de estiagem, houve um declínio nos níveis do oxigênio dissolvido que registraram valores, mínimo e máximo de 1,5 mg/L e 3,0 mg/L nos pontos P10 e P9, respectivamente (Fig. 3).

A diminuição dos valores de oxigênio dissolvido no período de estiagem é compatível com o aumento no estado trófico, visto que, por haver maior produtividade no ecossistema, as taxas de decomposição também aumentam, e com o aumento dos decompositores, aumenta o consumo de oxigênio na coluna de água. Além disso, as temperaturas mais elevadas no período de estiagem favorecem a perda de oxigênio da água para a atmosfera (ESTEVEZ, 1988).

Os valores médios de oxigênio dissolvido apresentaram pouca diferença com a sazonalidade da região. No período de chuva, foram registrados valores mínimos de 2,66 mg/L e máximos de 3,28 mg/L, enquanto na estiagem os valores de oxigênio dissolvido apresentaram valores menores, entre 1,0 mg/L e 3,0 mg/L (Fig. 3).

Teores mais elevados de oxigênio dissolvido foram revelados por Da Paz (1988) para a mesma porção do Rio Gramame no mês de junho/1987 com teores de 5,26 mg/L e muito mais baixo do que no presente trabalho, as concentrações registraram valores de 0,14 mg/L no mês de julho do mesmo ano. O autor relacionou a diminuição no teor do oxigênio dissolvido com a localização do ponto de coleta, uma vez que está situado próximo a desembocadura dos efluentes dos despejos das indústrias, situação em que se encontram os pontos P6 e P7 no presente trabalho.

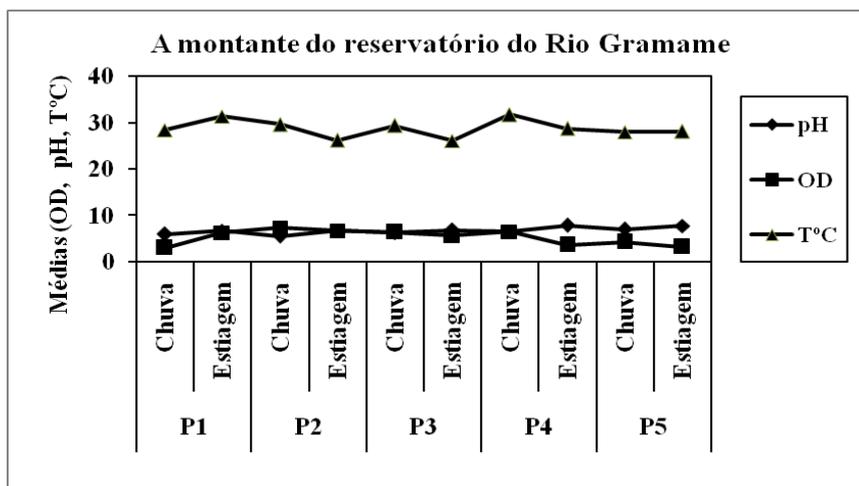


Figura 2. Valores médios de Temperatura (T°C), OD (mg/L) e pH na água dos ambientes amostrados a montante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011

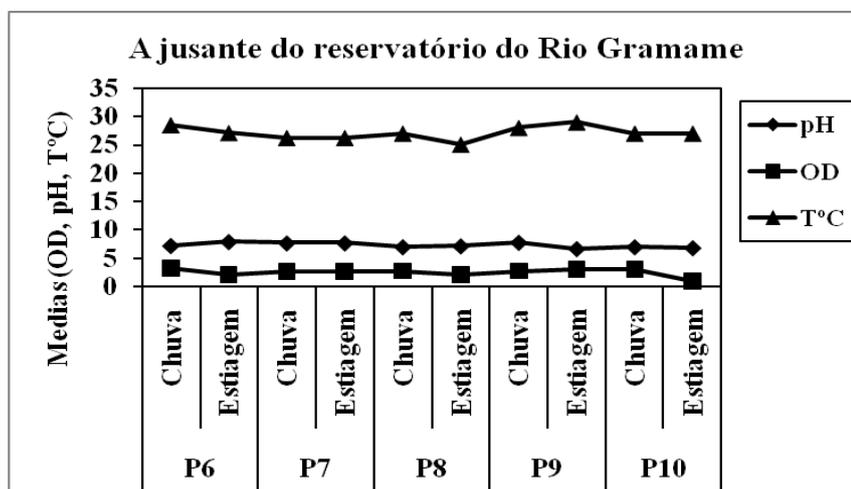


Figura 3. Valores médios de Temperatura (T°C), OD (mg/L) e pH na água dos ambientes amostrados a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011

3.1.5. Salinidade na água ao longo do Rio Gramame

A taxa de salinidade na água dos pontos de amostragem a montante do reservatório apresentou valores médios muito baixos, diferenciando entre as estações do ano. As concentrações da salinidade atingiram valores médios em todo o período analisado nos pontos P1 a P5, variando entre 0,01 e 0,03‰ no período de chuva e de 0,03 a 0,13‰ durante a estiagem (Fig. 4). Isto se justifica pela característica ripária a montante do reservatório, que não recebe nenhuma influência do estuário.

A jusante do reservatório, os pontos de amostragem apresentaram uma taxa de salinidade mais alta que os de montante, devido ao recebimento frequente da água salgada, do estuário que atinge o curso do rio, provocando alterações nas concentrações na salinidade na água.

A taxa de salinidade entre os pontos de amostragem a jusante do reservatório (Fig. 4 b), registrou os maiores valores representados nos períodos analisados, diferenciado-se entre os períodos das estações do ano, sendo mais elevada no período de estiagem e mais baixa no período chuvoso. Isso é o esperado, visto que, no período chuvoso a água da chuva dilui os sais.

Os ambientes amostrados a jusante do reservatório recebem influência do nível da maré por estarem próximo da foz do Rio Gramame. Estes ambientes apresentaram níveis de salinidade mais elevados que nos pontos a montante do reservatório, e independente dos períodos de chuva e estiagem na região, apresentando valores mínimos de 0,02 e 0,08 ‰ nos pontos P6 e P8, e máximo de 0,18 ‰ no ponto P10. A maior taxa de salinidade registrada no ponto P10 é devido à sua maior proximidade com a foz do rio, levando a uma maior influência das águas do estuário.

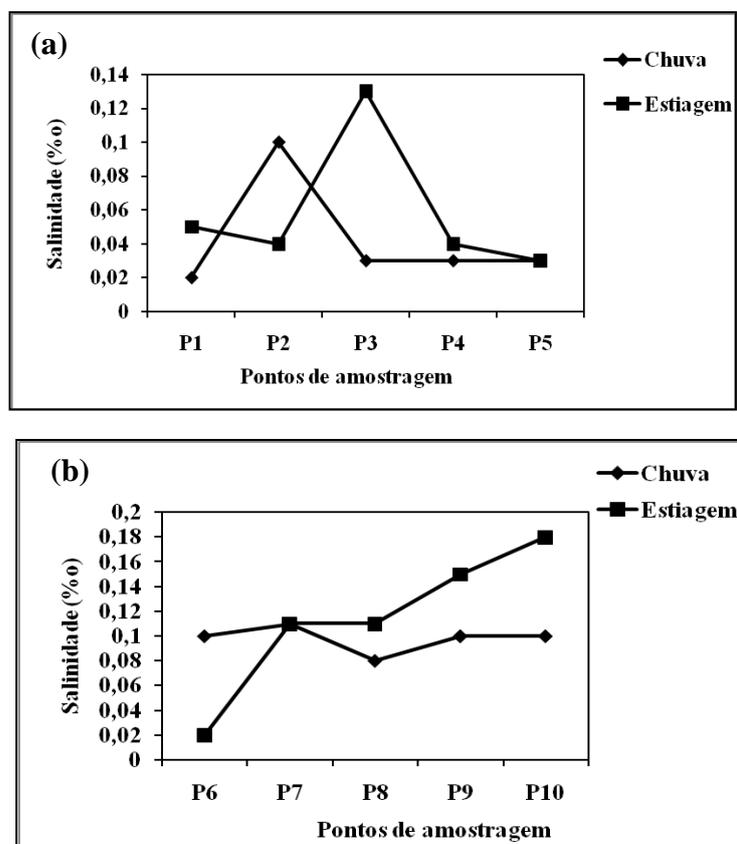


Figura 4. Salinidade média da água dos pontos amostrados a montante (a) e a jusante do reservatório do Rio Gramame (b) nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011

3.1.6. Condutividade elétrica na água ao longo do Rio Gramame

Segundo Sipaúba-Tavares (1994), a condutividade elétrica é um indicador da capacidade da água em conduzir eletricidade, contribuindo para a detecção de fontes de poluentes nos sistemas aquáticos.

A condutividade elétrica das águas registradas nos pontos de amostragem a montante do reservatório revelou valores diferenciados entre as estações do ano durante todo o período analisado. Durante o período de chuva, os valores médios foram menores, com mínimo de $65 \mu\text{Scm}^{-1}$ no ponto P4, e máximo de $95 \mu\text{Scm}^{-1}$ no ponto P1, e na estiagem os valores foram no mínimo $70 \mu\text{Scm}^{-1}$ no ponto P5, com $275 \mu\text{Scm}^{-1}$ no ponto P3 (Fig. 5).

De acordo com os estudos de Meireles et al., (2007), observou-se o registro de condutividade elétrica mais alta no açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no semi-árido cearense, do que a encontrada nos ambientes a montante do reservatório do Rio Gramame, com valor de $130 \mu\text{S/cm}^{-1}$, no final das chuvas na região. A região do semiárido tem tendência a acumular mais sais minerais, em consequência das elevadas taxas de evaporação, com isso as águas tornam-se mais salinas.

Na área a jusante do reservatório do Rio Gramame, os parâmetros limnológicos analisados apresentaram padrões diferentes, devido à influência do nível das marés, assim como pela sazonalidade na região.

Os resultados obtidos de condutividade elétrica da água nos ambientes analisados a jusante do reservatório durante o período de chuva, apresentaram aumentos nos valores médios nos pontos P6 ($320 \mu\text{Scm}^{-1}$) e P9 ($400 \mu\text{Scm}^{-1}$), ou seja, de pontos mais próximos da introdução de efluentes oriundos de indústrias que se localizam na área ribeirinha. O ponto P6 pode ter apresentado os valores de condutividade no período de estiagem mais elevados por receber água das duas barragens Gramame/Mamuaba, que no período de estiagem têm tendência a aumentar o estado trófico, aumentando o teor de sais, ao mesmo tempo que recebe a contribuição do Rio Mumbaba que drena o lado esquerdo da bacia, transportando com isso mais sais.

Durante a estiagem, os valores de condutividade foram mais elevados do que no período chuvoso, com os menores valores de $231 \mu\text{Scm}^{-1}$ e $233 \mu\text{Scm}^{-1}$ nos pontos P7 e P8, respectivamente, e os valores mais elevados nos pontos P6 ($423 \mu\text{Scm}^{-1}$), pontos P9 ($451 \mu\text{Scm}^{-1}$) e no ponto P10 ($371 \mu\text{Scm}^{-1}$). Todos os pontos se situam na porção baixa do rio, sendo o ponto P9 e P10, os mais próximos da foz do Rio Gramame (Fig. 5 b).

Trindade (2006), em monitoramento da qualidade da água no Ribeirão Limoeiro/Bahia, registrou um aumento na condutividade elétrica entre os pontos de coleta no sentido nascente-foz, sendo esse o padrão esperado para um rio.

A condutividade elétrica na água está diretamente relacionada com a composição química das rochas da bacia de drenagem, desse modo, pode atingir valores muito baixos ($0,57 \mu\text{Scm}^{-1}$) em rios da bacia Amazônica, a valores muito altos no rio Salgado, província Santa Fé ($4,208 \mu\text{Scm}^{-1}$) (TRINDADE, 2006). Outros fatores como o aumento da decomposição e entrada de fertilizantes, por lixiviação, também altera a concentração de sais.

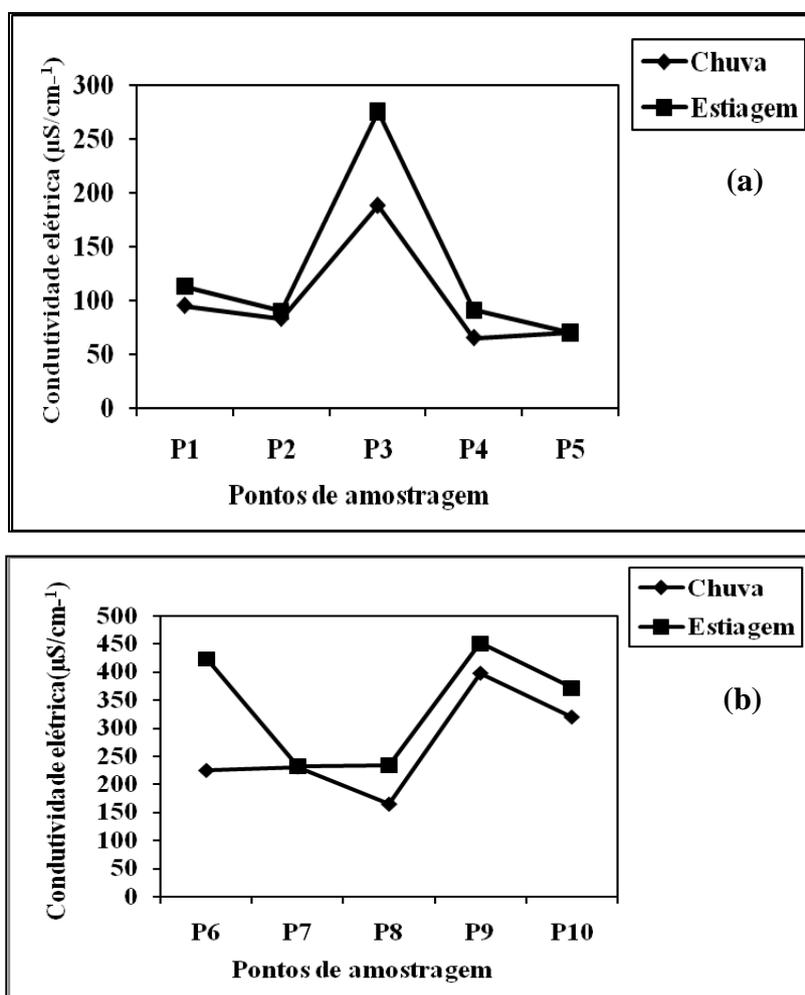


Figura 5. Valores médios de condutividade elétrica da água dos pontos de amostragem a montante (a) e a jusante do reservatório (b) do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011

3.2. Composição da ictiofauna ao longo do Rio Gramame

3.2.1. Composição da ictiofauna a montante do reservatório do Rio Gramame

Foram coletados 760 espécimes da ictiofauna nos pontos de coleta amostrados na área a montante do reservatório, contemplando as estações de chuva (408 indivíduos) e na estiagem (352 indivíduos).

A composição ictiofaunística registrada nos pontos de amostragem na área a montante do reservatório do Rio Gramame constou de 5 ordens (Characiformes, Siluriformes, Gymnotiformes, Perciformes e Synbranchiformes), com 12 famílias, sendo 3 delas, mais abundantes (Characidae, Erythrinidae e Cichlidae) em ambas as estações do ano (Tab. 1, 2. Anexo 1).

Na área a montante do reservatório, a composição da ictiofauna apresentou diferença entre as estações do ano. Durante o período de chuva, os espécimes capturados foram representados por indivíduos de pequeno a médio porte, sendo identificados taxonomicamente por 16 gêneros e 17 espécies, sendo 13 espécies nativas e 2 alóctones, *Cichla ocellaris* com $55,39 \pm 28,96\%$ e *Metynnis lippincottianus* com $20,34 \pm 13,40\%$, como também, 2 exóticas, *Oreochromis niloticus* (2,7%) e *Poecilia reticulata* (0,4%) (Fig. 6).

Entre as espécies nativas, as mais abundantes foram o “chupa-pedra” *Hypostomus puarum* ($4,90\% \pm 4,0$) no ponto P4, o “jundiá” *Rhamdia quelen* ($4,17\% \pm 2,44$) e a “piaba-de-rabo-vermelho” *Astyanax bimaculatus* ($3,68\% \pm 1,81$) coletadas nos pontos P1 e P2 (Tab. 2, Fig. 6 a, b).

No período de estiagem, a composição da ictiofauna foi representada por 16 gêneros e 17 espécies, sendo 14 nativas, 2 alóctones e 1 exótica, com ausência da espécie *P. reticulata*. Os ambientes amostrados na região diminuem consideravelmente, o volume de suas águas, levando a uma sucessão entre as espécies nativas, sendo as mais abundantes a “traíra” *Hoplias malabaricus* nos pontos P2 e P4 ($8,52\% \pm 2,50$) e o “cará” *Geophagus brasiliensis* nos pontos P2 e P3 ($8,24\% \pm 2,81$).

No entanto, as espécies alóctones foram as mais abundantes, representadas por *C. ocellaris* ($37,55\% \pm 25,40$) e *M. lippincottianus* ($13,35\% \pm 8,40$). Além das espécies nativas e alóctones já citadas, esteve presente também, uma espécie exótica

representada pela “tilapia nilótica” *O. niloticus* (2,50%±1,8) do total de espécies analisadas (Tab. 1, Fig. 6 a, b).

Resultados diferentes foram constatados por Torelli et al., (1997), quando registraram um número maior de *taxa* (22 gêneros e 22 espécies) para a composição da ictiofauna no Rio Gramame, independente das estações do ano. Enquanto, Gomes-Filho e Rosa (2009), registraram um aumento no número de *taxa* para toda a bacia do Rio Gramame, de 32 espécies, 23 delas de água doce.

A diminuição na abundância e na riqueza de espécies nativas na composição da ictiofauna na área estudada pode ser devido ao represamento do Rio Gramame, que limita as espécies, principalmente reofílicas, de transpor o rio para completar o seu ciclo reprodutivo. Além disso, pela abundância de espécies alóctones (*M. lippincottianus*) que faz a sobreposição de habitats, provocando a competição por espaço e alimentos, principalmente, na área do reservatório do Rio Gramame. *C. ocellaris* ainda poderá interferir na biodiversidade por ser predador voraz.

Tabela 1. Classificação taxonômica da ictiofauna ao longo do Rio Gramame

ORDEM (6)	FAMILIA (17)	ESPÉCIE (30)	ORIGEM
Elopiformes	Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i> Valenciennes, 1847	Nativa
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax bimaculatus</i> (Linnaeus, 1758)	Nativa
		<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier, 1819)	Nativa
		<i>Serrapinnus piaba</i> (Lütken, 1875)	Nativa
		<i>Metynnis lippincottianus</i> (Cope, 1870)	Alóctone
	Prochilodontidae	<i>Prochilodus brevis</i> Steindachner, 1875	Nativa
	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch, 1794)	Nativa
		<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Spix & Agassiz, 1829)	Nativa
	Anostomidae	<i>Leporinus piau</i> Fowler, 1941	Nativa
	Curimatidae	<i>Cyphocharax gilbert</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Nativa
		<i>Steindachnerina notonota</i> (Miranda-Ribeiro, 1937)	Nativa
Poeciliidae	<i>Poecilia reticulata</i> Peters 1859	Exótica	
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hypostomus pusalum</i> (Starks, 1913)	Nativa
	Heptapteridae	<i>Rhamdia quelen</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Nativa
	Callichthidae	<i>Hoplosternum littorale</i> (Hancock, 1828)	Nativa
Ariidae	<i>Genidens genidens</i> (Cuvier, 1829)	Nativa	
Gymnothiformes	Gymnothidae	<i>Gymnothus carapo</i> Linnaeus, 1758	Nativa
Perciformes	Cichliidae	<i>Cichla ocellaris</i> Bloch & Schneider, 1801	Alóctone
		<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	Exótica
		<i>Crenicichla menezesi</i> Ploeg, 1991	Nativa
		<i>Cichlasoma orientale</i> Kullander, 1983	Nativa
		<i>Geophagus brasiliensis</i> (Quoy & Gaimard, 1824)	Nativa
	Centropomidae	<i>Centropomus paralelus</i> Poey, 1860	Nativa
		<i>Centropomus pectinatus</i> Poey, 1860	Nativa

		<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch 1792)	Nativa
	Gerreidae	<i>Eugerres brasilianus</i> (Cuvier, 1830)	Nativa
	Eleotrididae	<i>Dormitator maculatus</i> (Bloch, 1792)	Nativa
		<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin, 1789)	Nativa
		<i>Guavina guavina</i> (Valenciennes, 1837)	Nativa
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i> Bloch, 1794	Nativa

Em outras bacias hidrográficas do Estado da Paraíba, foi registrado um número menor de *taxa* em comparação a composição da ictiofauna do Rio Gramame no presente estudo, como descrito por Montenegro et. al., (2012), no Rio Taperoá, bacia do Rio Taperoá/PB que foi constituído por 4 ordens, 9 famílias, 10 gêneros e 11 espécies, com maior abundância da espécie *A. bimaculatus*. A bacia do Rio Taperoá está localizada no semi-árido paraibano, estando o seu reservatório e rios sujeitos a dessecação completa, o que pode explicar a sua menor diversidade íctica. Do mesmo modo, Marinho et. al., (2006), em açudes públicos (Namorados e Soledade) da bacia do Rio Taperoá, no semi-árido, registraram também um número bem inferior de *taxa* sendo constituído por 3 ordens, 3 famílias e 3 espécies, sendo a mais abundante, a tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) em ambos os açudes estudados.

Em outros ambientes nos estados do Nordeste do Brasil, estudos foram realizados com levantamentos ictiofaunísticos registrados na literatura recentemente, Morais et. al., (2012), na lagoa Jiqui/RN registraram uma composição com um menor número de *taxa* que do presente estudo, constituído por 3 ordens (Siluriformes, Characiformes e Perciformes), 6 famílias (Auchenipteridae, Anostomidae, Characidae, Erythrinidae, Loricariidae e Centropomidae) e 6 espécies nativas, sendo as mais abundantes *Trachelyopterus galeatus*, *Leporinus piau* e *H. malabaricus*.

Nascimento (2010) registrou para a composição da ictiofauna na bacia do Rio Piranhas-Assu/RN um número menor de *taxa* do que do presente trabalho, constituída por 4 ordens, 11 famílias e 22 espécies, sendo 17 endêmicas, 4 espécies introduzidas de outras bacias e 1 exótica (*O. niloticus* com ocorrência de 24,92%). Entre as espécies

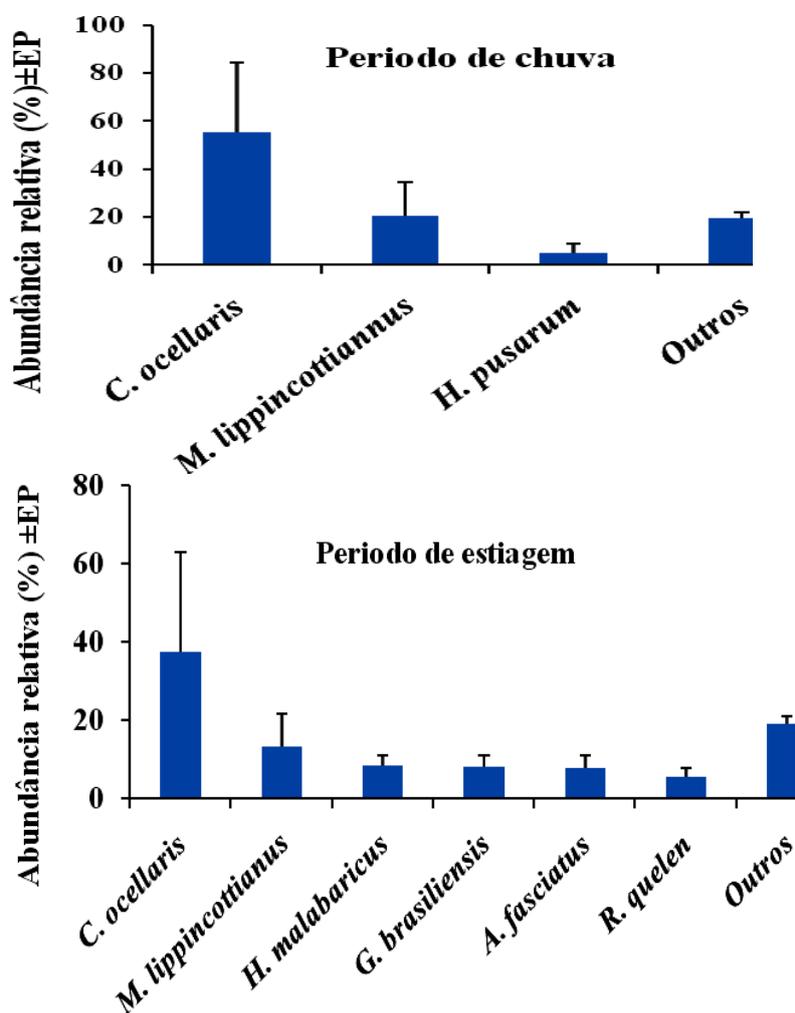
endêmicas, *L. piau* foi mais abundante (18,44%) entre todas as espécies analisadas na bacia. Esta bacia, apesar de também ser localizada em uma área de semi-árido, apresenta um rio perene, o que explica a maior riqueza de espécies de peixes na região. Trindade (2008), caracterizando a ictiofauna do Rio Limoeiro, bacia do Rio Cachoeira/Bahia, encontrou um número semelhante de espécies constando de 4 ordens, 11 famílias e 21 espécies, destas, 2 foram exóticas, com maior representação de *O. niloticus* no referido ambiente.

Estes resultados corroboram com o trabalho de Ferreira e Cassati (2006), em análise na composição de riachos de micro-bacias de São Paulo que detectaram uma ampla riqueza de espécies nativas em sua composição, representada por *R. quelen*, *Gymnothus carapo*, *H. malabaricus* e *Geophagus brasiliensis*.

Os resultados obtidos corroboram com os relatos de Agostinho et. al., (2005), com relação à perda de biodiversidade em ecossistemas aquáticos continentais brasileiros, em consequência das construções de barragens e da introdução de espécies exóticas, que provocam a degradação do habitat e a sobrepesca dos estoques pesqueiros (LATINNI, 2001), ocasionando a erradicação de espécies nativas e a desestruturação dessas comunidades aquáticas no ecossistema.. Informação que corrobora com os dados de Silva et. al., (2013), que indicaram uma redução na riqueza de espécies nativas, principalmente, reofílicas (*P. brevis*) que não foram registradas na porção a montante do reservatório do Rio Gramame, devido ao barramento do rio, e, desse modo, impede a migração dessa espécie durante o período reprodutivo.

Morais et. al., (2012), em levantamento ictiofaunístico na Lagoa do Jiqui, RN, ambiente semelhante ao do presente estudo, registraram também uma diminuição na riqueza de espécies de peixes resultante de fatores antropogênicos, no entanto, constataram uma maior abundância de espécies nativas, como a “traíra” (*H. malabaricus*) e o “piauí verdadeiro” (*L. piau*), diferentemente do levantado no presente trabalho, em que as espécies alóctones “tucunaré” (*C. ocellaris*) e o “pacu” (*M. lippincottianus*) foram as mais abundantes. Fato este também registrado por Gomes-Filho e Rosa (2009), que identificaram para a composição da ictiofauna na bacia do Rio Gramame, destas, 23 espécies de água doce, entre as quais, 2 foram introduzidas, e relataram que a redução na riqueza de espécies está relacionada com as alterações antropogênicas, devido a impactos da construção da represa do reservatório Gramame/Mamuaba, que impede as migrações de espécies reofílicas, como o “curimatã” (*P. brevis*), e conseqüentemente, não renovam os seus estoques.

Além disso, a introdução de espécies alóctones (*C. ocellaris* e *M. lippincottianus*) e exótica (*O. niloticus*), com a finalidade no aumento da atividade de pesca na região do reservatório do Rio Gramame, tem provocado a desestabilização de populações ícticas, reduzindo assim, a riqueza de espécies nativas na bacia do Rio Gramame (TORELLI et al., 1997; GOMES-FILHO e ROSA, 2009). No entanto, essa medida também não obteve sucesso nem no aumento dessas espécies, visto que, pescadores ribeirinhos relataram a diminuição do pescado, e, como consequência, muitos deixaram a pesca e procuraram outras atividades (TURNELL, 2012).



Figuras 6. Médias da abundância relativa (\pm EP) da riqueza de espécies da ictiofauna coletada a montante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, no período de 2010 a 2011

Tabela 2. Abundância absoluta e relativa (%±EP) de indivíduos das espécies coletadas a montante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB

Período de chuva						
Espécie/Pontos de coleta	P1	P2	P3	P4	P5	Abund. %(± EP)
Família Characidae						
<i>Astyanax bimaculatus</i>	10	1	1	3	-	3,75 ± 3,6
<i>Serrapinus piaba</i>	-	-	-	34	-	6,8 ± 13,9
<i>Metynnis lippincottianus</i>	-	4	4	73	2	15,8 ± 34,8
Família Curimatidae						
<i>Steindacnerina notonota</i>	-	-	-	1	-	0,2 ± 0,0
<i>Curimata gilberti</i>	1	-	-	-	-	0,2 ± 0,0
Família Poeciliidae						
<i>Poecillia reticulata</i>	-	1	1	-	-	0,4 ± 1,0
Família Erythrinidae						
<i>Hoplias malabaricus</i>	3	-	-	1	4	1,6 ± 1,0
Família Gymnothyidae						
<i>Gymnothus carapo</i>	-	-	-	1	-	0,2 ± 0,0
Família Loricariidae						
<i>Hypostomus pularum</i>	-	-	-	20	-	4,0 ± 8,9
Família Heptapteridae						
<i>Rhamdia quelen</i>	-	2	2	13	-	3,4%±6,3
Família Cichlidae						
<i>Oreochromis niloticus</i>	8	2	-	1	-	2,2 ± 3,8
<i>Geophagus brasiliensis</i>	1	-	-	1	1	0,6 ± 0,0
<i>Cichla ocellaris</i>	-	-	-	86	140	44,0 ± 38,2
<i>Cichlassoma orientale</i>	-	-	-	5	-	1,0 ± 0,0
<i>Crenichla menezesi</i>	-	3	3	2	-	1,67 ± 0,6
Família Synbranchidae						
<i>Synbranchus marmoratus</i>	-	1	1	2	-	0,8 ± 0,6
Período de Estiagem						
Espécie/Pontos de coleta	P1	P2	P3	P4	P5	Abund. (± EP)
Família Characidae						
<i>Astyanax bimaculatus</i>	4	10	2	-	-	5,3 ± 4,2
<i>A. faisciatu</i>	-	16	11	-	-	13,5 ± 3,5
<i>Serrapinus piaba</i>	1	-	-	-	-	02 ± 0,0
<i>Metynnis lippincottianus</i>	-	4	-	43	-	23,5 ± 27
Família Curimatidae						
<i>Steindacnerina notonota</i>	-	2	-	-	-	0,4 ± 0,0
Família Poeciliidae						
<i>Poecilia reticulata</i>	1	-	-	-	-	02 ± 0,0
Família Erythrinidae						
<i>Hoplias malabaricus</i>	3	12	3	12	-	7.5 ± 5,2
<i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i>	-	-	1	-	-	02 ± 0,0

Familia Gymnothyidae						
<i>Gymnothus carapo</i>	-	5	2	3	-	2,7 ±1,7
Familia Loricariidae						
<i>Hypostomus pularum</i>	-	1	1	4	-	2 ±1,7
Familia Callichthyidae						
<i>Hoplosternum littorale</i>	-	2	1	3	-	2,3 ±1,0
Família Heptapteridae						
<i>Rhamdia quelen</i>	-	9	9	2	-	6,7 ±4,0
Familia Cichlidae						
<i>Oreochromis niloticus</i>	3	3	2	-	1	2,25 ±1,0
<i>Geophagus brasiliensis</i>	3	14	11	-	1	6,25 ±6,2
<i>Cichla ocellaris</i>	-	4	-	-	128	26,2 ±87,7
<i>Cichlassoma orientale</i>	-	6	3	2	1	2,2 ±2,2
Familia Synbranchidae						
<i>Synbranchus marmoratus</i>	-	-	-	1	-	02 ±0,0

3.2.2. Composição da ictiofauna a jusante do reservatório do Rio Gramame

A jusante do reservatório foi capturado um total de 826 espécimes de peixes, que contemplaram as estações de chuva (481 indivíduos) e estiagem (345 indivíduos) durante todo o período estudado.

A composição da ictiofauna na área a jusante do reservatório foi representada por cinco ordens, sendo quatro delas, comuns nas duas estações do ano (Characiformes, Siluriformes, Perciformes e Synbranchiformes) e 15 famílias, sendo as mais abundantes Prochilodontidae, Characidae e Eleotrididae, durante o período de chuva. Foram representadas por 26 gêneros e 27 espécies, com a maioria de espécies nativas (Tabela 1), sendo as mais abundantes, as espécies *Prochilodus brevis* (16,6%±11,4) e *H. malabaricus* (13,3% ±7,6), do total de espécies analisadas (Fig. 7).

Durante a estiagem, a composição foi representada por 16 famílias, sendo as mais abundantes Prochilodontidae, Characidae e Erythrinidae, com 21 gêneros e 23 espécies, destas, 20 são nativas, sendo as de maior abundância, *P. brevis* (24,35% ±10,3), *H. malabaricus* (13,3% ±7,6), e a espécie alóctone, *M. lippincottianus* (17,40%±9,1), todas encontradas no ponto P8 (Fig. 7 a, b) (Tab. 1, 3).

Entre as espécies alóctones encontradas a jusante durante o período de estiagem, *C. ocellaris* foi a que apresentou menor número de indivíduos capturados (3,70.%± 2,13), sendo amostradas nos pontos P8 e P9 (Tab. 3). Assim como, a espécie exótica *O.*

niloticus que apresentou baixa abundância de espécimes coletados, sendo considerada também uma espécie ocasional nos pontos de coleta P8 e P9, com uma abundância nas estações de chuva e estiagem de $(3,74\% \pm 2,4$ e $2,3\% \pm 1,1)$, respectivamente (Tab. 3). Estas espécies foram consideradas ocasionais nesses locais, possivelmente devido ao registro de espécies predadoras com maior abundância (*Centropomus undecimalis* e *C. parallelus*) presentes nessa porção do rio.

No período de 2011, a composição da ictiofauna apresentou um aumento entre as espécies nativas na área a jusante do reservatório do Rio Gramame, diferente dos períodos de 2010. Isso pode ter sido influenciado pelo elevado volume de chuvas registradas no período de 2011 (637 mm, durante o mês de junho), que elevou o volume das águas dos riachos, proporcionando a transferência dessas espécies para o curso do Rio Gramame. Dados estes que corroboram com os relatos de Barbieri et al., (1982), os quais afirmaram que durante o período chuvoso ocorre um aumento na diversidade de habitat, devido ao aumento do nível da água que atinge a vegetação marginal, colocando à disposição dos peixes, abrigos e habitats estruturalmente mais complexos, bem como, os recursos alimentares não disponíveis no período de seca.

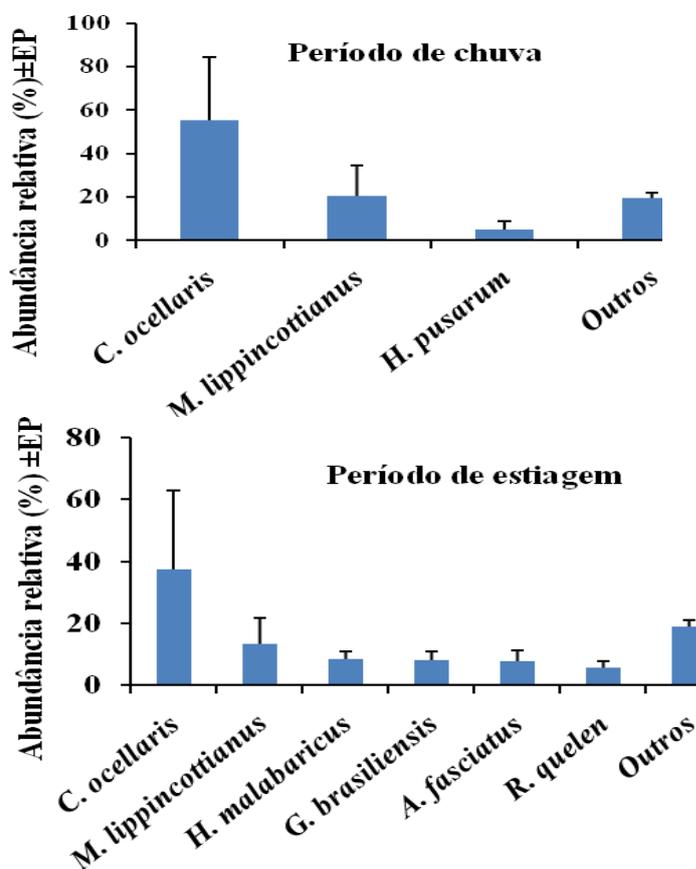


Figura 7. Médias da abundância relativa (\pm EP) da riqueza de espécies da ictiofauna a jusante do reservatório do Rio Gramame, no período de 2010 a 2011

Tabela 3. Abundância absoluta e relativa (%±EP) de indivíduos das espécies coletadas a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB.

Espécie/Pontos de coleta	Período de chuva					Abund. (%± EP)	Origem
	P6	P7	P8	P9	P10		
Família Megalopidae							
<i>Megalops atlanticus</i>	-	-	4	-	-	0,83±0,8	Nativa
Família Prochilodontidae							
<i>Prochilodus brevis</i>	-	4	61	5	10	16,63±11,36	Nativa
Família Characidae							
<i>Astyanax bimaculatus</i>	37	1	13	-	-	10,6±7,13	Nativa
<i>A. faisciatu</i> s	-	6	-	-	-	1,25±1,2	Nativa
<i>Serrapinus piaba</i>	-	34	10	13	1	9,15±6,8	Nativa
<i>Metynnis lippincottianus</i>	0	3	13	13	1	6,24±2,89	Alóctone
Família Curimatidae							
<i>Steindacnerina notonota</i>	2	-	3	-	-	1,04±0,63	Nativa
<i>Curimata gilberti</i>	-	-	2	-	-	0,2±0,2	Nativa
Família Poeciliidae							
<i>Poecillia reticulata</i>	-	2	-	-	-	0,42±0,4	Nativa
Família Anostomidae							
<i>Leporinus piau</i>	-	-	21	-	-	4,37±4,2	Nativa
Família Erythrinidae							
<i>Hoplias malabaricus</i>	-	-	20	-	5	5,2±3,87	Nativa
<i>Hoplerethrinus unitaeniatus</i>	2	-	-	-	-	0,42±0,4	Nativa
Família Loricariidae							
<i>Hypostomus puzarum</i>	-	-	-	1	-	0,2±0,2	Nativa
Família Heptapteridae							
<i>Rhamdia quelen</i>	-	-	7	-	-	1,46±1,4	Nativa
Família Ariidae							
<i>Genidens genidens</i>	-	1	22	-	1	4,99±4,3	Nativa
Família Cichlidae							
<i>Oreochromis niloticus</i>	3	2	13	-	-	3,74±2,42	Exótica
<i>Geophagus brasiliensis</i>	1	-	11	2	-	2,91±2,8	Nativa
<i>Cichla ocellaris</i>	-	-	1	6	1	1,66±1,12	Alóctone
<i>Cichlassoma orientale</i>	-	1	1	-	-	0,42±0,24	Nativa
<i>Crenichla menezesi</i>	-	-	-	1	-	0,2±0,2	Nativa
Família Centropomidae							
<i>Centropomus undecimalis</i>	-	-	5	-	1	1,25±0,96	Nativa
<i>Centropomus paralelus</i>	-	-	3	1	2	1,04±0,63	Nativa
Família Gerreidae							
<i>Eugerres brasilianus</i>	-	-	35	-	-	7,48±6,95	Nativa
Família Eleotrididae							
<i>Dormitator maculatus</i>	-	-	58	-	11	14,35±11,25	Nativa
<i>Eleotris pisonis</i>	-	-	9	-	2	2,29±1,74	Nativa

<i>Guavina guavina</i>	-	-	1	-	-	0,2±0,2	Nativa
Familia Synbranchidae							
<i>Synbranchus marmoratus</i>	-	-	7	-	-	1,46±1,4	Nativa
Período de estiagem							
Espécie/Pontos de coleta	P6	P7	P8	P9	P10	Abund. (%± EP)	Origem
Familia Megalopidae							
<i>Megalops atlanticus</i>	-	-	1	-	-	0,29±0,2	Nativa
Familia Prochilodontidae							
<i>Prochilodus brevis</i>	-	-	45	41	-	24,35±10,29	Nativa
Família Characidae							
<i>Astyanax bimaculatus</i>	1	11	-	-	-	3,48±2,15	Nativa
<i>Metynnis lippincottianus</i>	-	-	13	47	-	17,39±9,1	Alóctone
Família Anostomidae							
<i>Leporinus piau</i>	-	-	16	-	-	4,64±3,2	Nativa
Familia Erythrinidae							
<i>Hoplias malabaricus</i>	-	-	39	7	-	13,33±7,57	Nativa
Familia Loricariidae							
<i>Hypostomus pularum</i>	-	-	3	-	-	0,87±0,6	Nativa
Familia Ariidae							
<i>Genidens genidens</i>	-	-	3	-	-	0,87±0,6	Nativa
Familia Callychthidae							
<i>Hoplosternum littorale</i>	-	-	2	-	-	0,57±0,4	Nativa
Familia Pimelodidae						0,58±0,4	Nativa
<i>Rhamdia quelen</i>	-	-	2	-	-	5,22±2,04	Nativa
Familia Cichlidae							
<i>Geophagus brasiliensis</i>	-	-	14	3	-	3,77±2,13	Nativa
<i>Cichla ocellaris</i>	-	2	11	1	-	2,32±1,12	Alóctone
<i>Oreochromis niloticus</i>	1	-	1	1	-	1,16±0,58	Exótica
<i>Cichlassoma orientale</i>	-	-	3	-	-	2,29±0,2	Nativa
<i>Crenicichla menezesi</i>	-	3	-	-	-	5,22±2,01	Nativa
Família Centropomidae							
<i>Centropomus undecimalis</i>		6	11	4	-	4,06±1,24	Nativa
<i>Centropomus paralelus</i>	-	-	-	5	-	2,03±1,40	Nativa
<i>Centropomus pectinales</i>	-	-	-	-	-	2,03±0,74	Alóctone
Familia Gerreidae							
<i>Eugerres brasillianus</i>	-	-	7	-	-	1,45±1,0	Nativa
Familia Eleotrididae							
<i>Dormitator maculatus</i>	-	-	4	1	-	2,9±1,54	Nativa
<i>Eleotris pisonis</i>	-	2	5	8	-	3,0±3,0	Nativa
Família Mugilidae							
<i>Mugil liza</i>	-	-	-	1	-	0,29±0,2	Nativa
Familia Synbranchidae							
<i>Synbranchus marmoratus</i>	-	-	1	-	-	0,2±0,0	Nativa

3.2.3. Riqueza de espécies x curva de coletor

Na área a montante do reservatório do Rio Gramame, a suficiência da amostragem apresentada pela curva do coletor segundo Chao 1 indicou que não houve estabilização da curva com a 25^a amostragem (riqueza observada de 22 espécies), visto que a riqueza estimada para a região seria de 26 espécies..A jusante do reservatório, a curva do coletor indicou haver uma ascendência da curva a partir da 21^a amostragem (riqueza observada de 23 espécies), que o valor esperado pelo índice de Chao 1 com riqueza de 32 espécies. Embora as duas curvas (esperado e observada) não se sobreponham, apresentando uma ascensão, devido um aumento no número de espécies observadas registradas para a região estudada (Fig. 8).

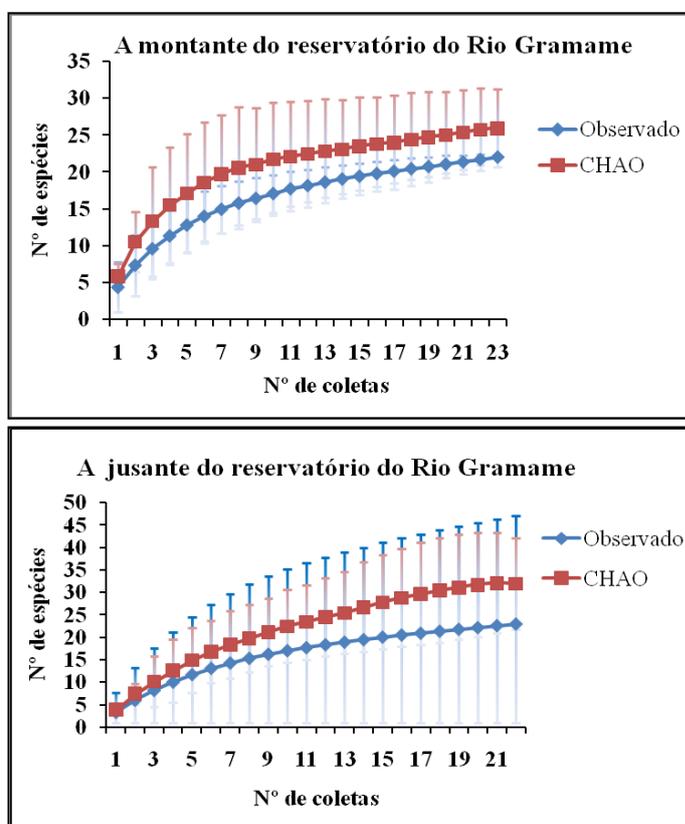


Figura 8. Riqueza de espécies da ictiofauna (curva de coletor Chao 1), para as áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame em todo o período analisado

3.2.4. Diversidade ictiológica ao longo do Rio Gramame

A diversidade ictiológica ao longo do Rio Gramame apresentou variações entre as médias dos índices de diversidade entre os pontos amostrados em toda a área de

estudo ao longo do Rio Gramame, bem como, entre as estações de chuva e estiagem nos períodos de 2010 a 2011.

No período de chuva, a diversidade registrada a montante do reservatório, apresentou um índice de diversidade menor do que a jusante, com médias do índice de Shannon de $H' = 1,307$ e $H' = 1,538$, respectivamente, com diferença na riqueza de espécies (17 e 26 espécies a montante e a jusante, respectivamente). Observou-se dominância de uma espécie alóctone, *C. ocellaris* a montante e uma nativa, *P. brevis* a jusante, demonstrando uma heterogeneidade na distribuição das espécies nas áreas estudadas, apontados por índices de equitabilidade apresentados com médias de $J' = 0,52269$; $J' = 0,38618$, respectivamente (Fig. 9 a,c).

Na estiagem, a diversidade apresentou índices médios de Shannon diferenciados entre as áreas a montante e a jusante do reservatório ($H' = 1,649$; $H' = 1,355$, respectivamente) (Fig. 9 a), com uma riqueza de 18 espécies, apresentada por dominância similar ao período de chuva a montante (*C. ocellaris*).

Na região a jusante do reservatório foi registrada 22 espécies, com maior abundância da espécie alóctone, *M. lippincottianus*.

Entre os pontos de coleta amostrados a montante do reservatório, durante os períodos de chuva e estiagem, o ponto P2 foi o que apresentou maior diversidade íctica em todo o período analisado, com índice de Shannon médio de $H' = 1,809$; $H' = 2,343$, respectivamente, com uma riqueza de sete espécies, dentre estas com maior representação de nativas e de pequeno porte. Salientamos que esse ponto é um riacho. Associado a isto, observou-se uma maior uniformidade na distribuição das espécies entre os períodos de chuva e estiagem, com valores médio do índice de equitabilidade de $J' = 0,777$ e $J' = 0,692$, respectivamente, possivelmente esteja relacionado com a homogeneidade e a baixa dominância entre as espécies. Por outro lado, a menor biodiversidade foi apresentada no ponto de amostragem P5, seja no período de chuva ($H' = 0,330$) ou na estiagem ($H' = 1,098$) com riqueza de 5 e 3 espécies, respectivamente, com predominância da espécie alóctone, *C. ocellaris* neste ponto de coleta. Com isso, ocasionando uma diminuição no índice de equitabilidade e, conseqüente heterogeneidade na distribuição das espécies na população ($J' = 0,229$) em ambos os períodos analisados. Isso demonstra o desequilíbrio provocado na assembléia íctica em conseqüência da introdução dessa espécie que é um predador que leva a diminuição da biodiversidade.

Verificou-se que a montante do reservatório, o período de estiagem favoreceu o aumento dos índices de diversidade, ao contrário do observado a jusante, em que o

período de chuva este índice apresentou valores menos elevados. Isso pode significar que na parte superior do rio, durante o período de estiagem, aumentou a produtividade no sistema aquático, favorecendo a presença de mais espécies, talvez pela maior oferta de alimento, embora haja nessa região uma maior dominância de espécies exóticas.

A jusante do reservatório, durante o período chuvoso pode aumentar a entrada no estuário de espécies que se reproduzam nessa área, podendo ser responsável pela maior biodiversidade nesse período. O período de chuva na região favoreceu um maior número de espécies, evitando a dominância de outras, o que pode ser verificado pelos menores valores de índice de equitabilidade. Em ambos os trechos do rio, a dominância de espécies foi mais observada no período de estiagem.

Entre os pontos amostrados a jusante do reservatório, durante os períodos de chuva e estiagem, o ponto P8 foi o que apresentou maior diversidade ($H' = 2,5702$ e $H' = 2,4883$, respectivamente), caracterizando-se como ponto de coleta com maior diversidade de espécies, com uma riqueza de 22 espécies no período de chuva, e de 20 espécies durante a estiagem (Fig. 9 b). Este ponto está localizado no Rio Gramame e sofre influência Rio Jacoca e de pequenos riachos adjacentes. Esta área apresentava uma mata ciliar relativamente preservada, o que poderia contribuir com a qualidade de água nesses riachos, refletindo-se nessa maior biodiversidade. Atualmente, parte dessa área foi desmatada, para o plantio de cana-de-açúcar, o que pode colocar em risco a qualidade de água e, conseqüentemente, a biodiversidade no local.

Nas áreas de estudo (montante e jusante do reservatório) a sazonalidade da região influenciou sobre os índices de biodiversidade e a riqueza de espécies, provocando uma variação entre as médias de diversidade e os valores de equitabilidade, que mostraram uma maior dominância de algumas espécies durante o período chuvoso, principalmente a espécie *P. brevis* a jusante.

Índices de biodiversidade menores foram registrados por Ferreira e Cassati (2006), em trechos do Rio São José dos Dourados, no Noroeste do Estado de São Paulo, com valores de diversidade de $H' = 0,7$ a $1,1$ e equitabilidade com valores de $J' = 0,6$ a $0,9$, devido a uma maior dominância de espécies nativas. Comparando a biodiversidade da ictiofauna na área acima mencionada, observou-se que o Rio Gramame, apesar da sua influência antropogênica, apresentou índices médios de diversidade e riqueza de espécies de peixes.

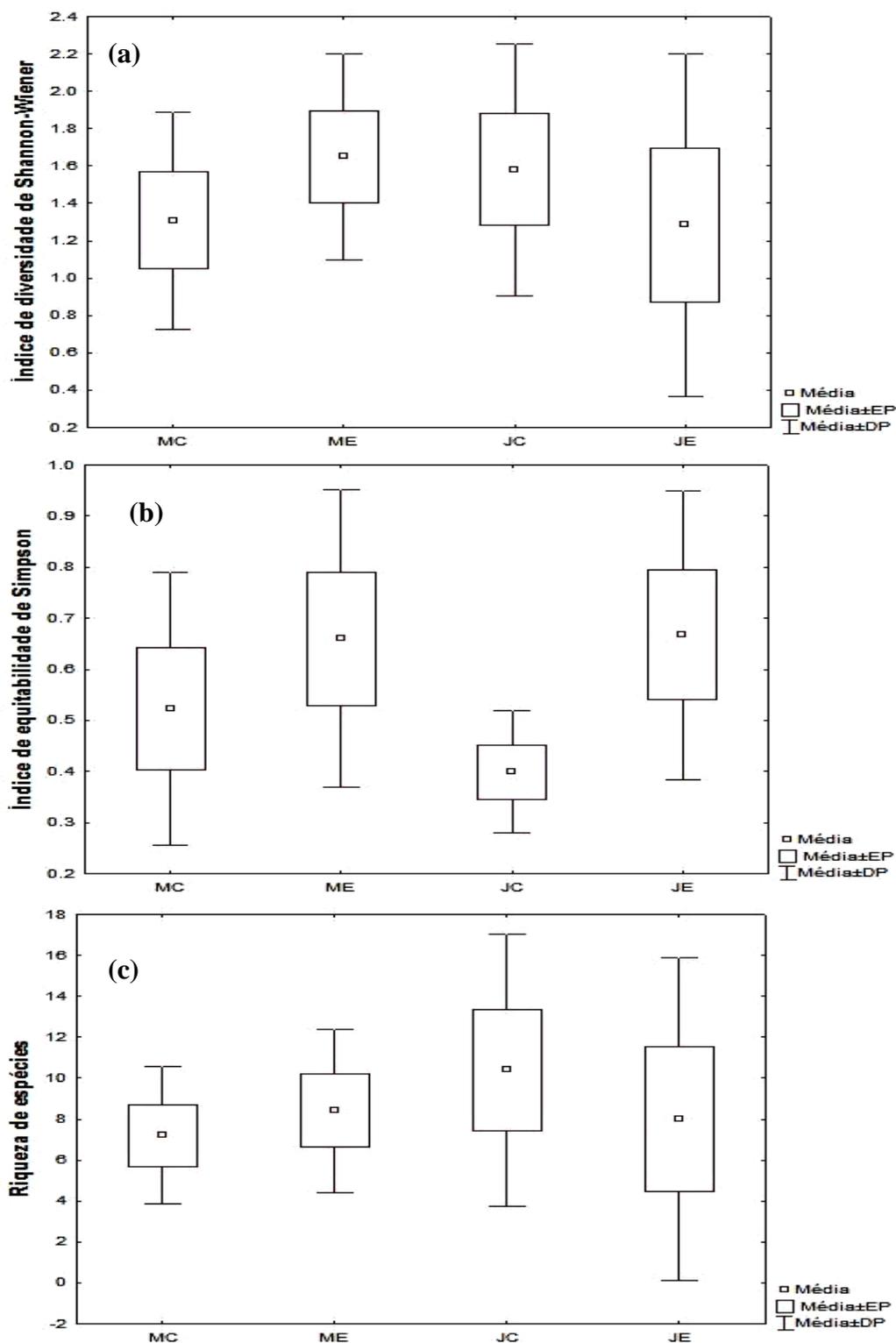


Figura 9. Valores médios dos índices de diversidades (a) Equitabilidade (b) riqueza de espécies (c) registrados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, Paraíba em todo o período analisado. (MC=Montante-Chuva), (ME=Montante-Estiagem), (JC=Jusante-Chuva) (JE=Jusante-Estiagem)

3.2.4.1. Similaridade entre populações nos pontos de coleta

A montante do reservatório, o índice de similaridade gerado durante o período de chuva (Fig. 10 a) a partir da análise de agrupamento entre populações ícticas e os pontos de amostragem, gerou um dendograma com a formação de um grupo mais similar entre os pontos de amostragem, P1 a P3, indicado pela abundância de espécies na maioria nativas (Fig. 10 a). Os pontos de amostragem, P1, P2 e P3 apresentaram menores dimensões (largura e profundidade) devido a maior proximidade da nascente do Rio Gramame, apresentando características lólicas enquanto que, os pontos P4 e P5, que estão dentro do reservatório, logo, com características mais lênticas em todo o período analisado.

Durante o período de estiagem, o índice de similaridade mostrou a formação de três grupos distintos, sendo o primeiro representado pelos pontos P1 e P5, devido à grande abundância de peixes alóctones de médio porte, o segundo grupo formado entre os pontos P2 e P3, movidos pela riqueza de espécies nativas de pequeno porte, e o terceiro, pelo ponto P4 que demonstrou diferenciar-se de todos os outros pontos por apresentar uma maior riqueza de espécies alóctones e a exótica (Fig. 10 a, b).

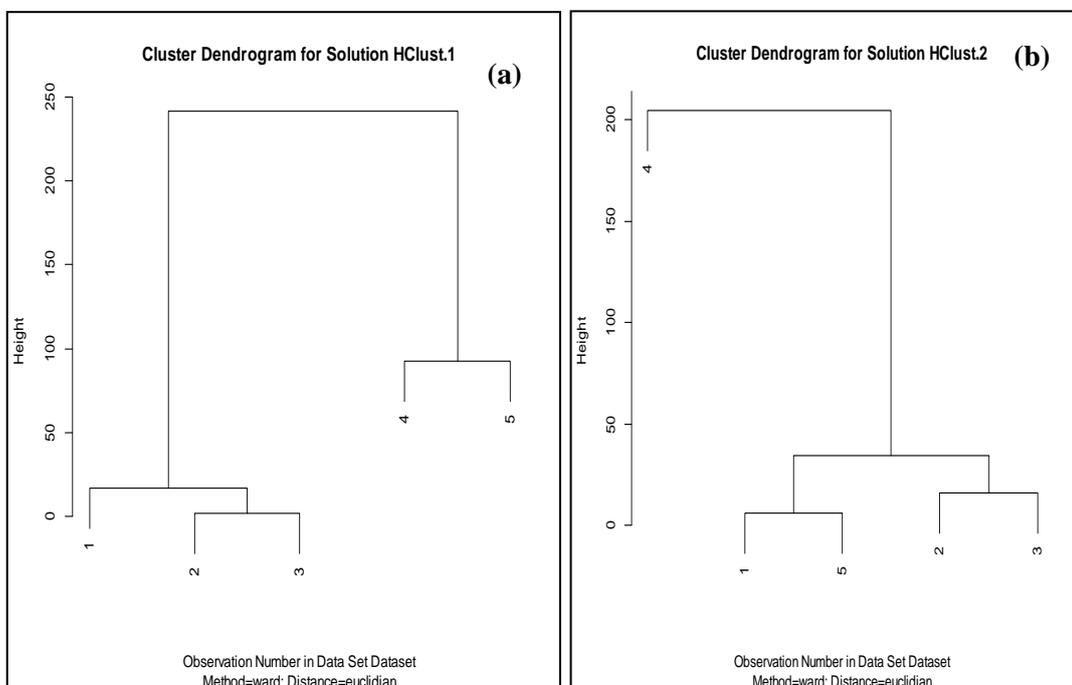


Figura 10. Dendograma mostrando a similaridade entre populações da ictiofauna distribuídos nos pontos amostrados á montante nos períodos de chuva e estiagem (a, b), de 2010 a 2011

A jusante do reservatório do Rio Gramame, durante o período de estiagem, a análise de agrupamento mostrou a formação de dois grupos similares, distribuídos entre os pontos P6, P7 e P10, sendo representados pela abundância de populações das espécies *C. paralelus*, *C. undecimalis* e *E. brasilianus*, respectivamente, um outro grupo formado entre os pontos P8 e P9, dado pela maior contribuição de abundância de duas espécies nativas, *P. brevis* e *H. malabaricus*, e uma espécie alóctone, *M. lippincottianus*.

A análise mostrou que há uma maior homogeneidade entre as espécies a jusante do reservatório durante o período de estiagem (Fig. 11 b), enquanto que, no período de chuvoso ocorreram as maiores distâncias entre os pontos amostrados, baseando na análise da ictiofauna (Fig.11 a). Neste período, o ponto P8 apresentou uma maior distancia dos outros pontos, revelando as melhores condições neste local para a fauna íctica, , visto que foi maior a riqueza de espécies.

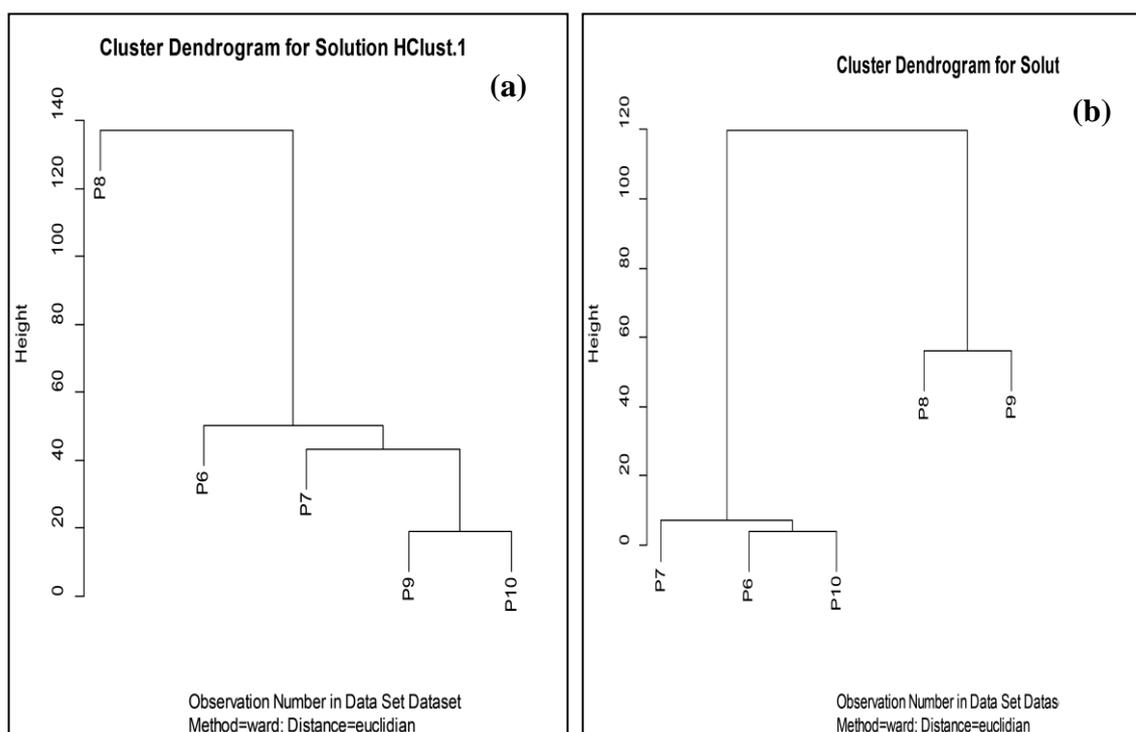


Figura 11. Dendrograma mostrando a similaridade entre populações da ictiofauna distribuídos nos pontos amostrados a jusante no período durante os períodos de chuva (a) e de estiagem (b) de 2010 a 2011

3.2.5. Análise estatística dos dados de biodiversidade

A partir da análise estatística com aplicação do *Teste t*, para a comparação entre as médias do índice de diversidade x estação do ano, bem como, de riqueza de espécies x

estações do ano, não se verificou diferença significativa ($t = 0,516$, $p = 0,367$; $t = -0,516$, $p = 0,619$, respectivamente) para a área a montante do reservatório do Rio Gramame (Tabela 4).

Do mesmo, para a área a jusante do reservatório, a diversidade \times estação do ano, bem como, riqueza de espécies \times estações do ano, analisados estatisticamente pela aplicação do teste t , não mostrou diferença significativa ($t = 0,430$, $p = 0,677$; $t = 0,570$, $p = 0,581$, respectivamente) (Tab. 4).

Tabela 4. Teste de comparação entre as médias dos índices de biodiversidade na área estudada.

Índices/Área de estudo	Montante do reservatório	Jusante do reservatório
Diversidade Shannon \times Estação do ano	$t = -0,955$, $p = 0,367$	$t = 0,4302$, $p = 0,677$
Riqueza \times Estação do ano	$t = -0,516$, $p = 0,619$	$t = 0,570$, $p = 0,581$
Equitabilidade \times Área de estudo	$df = 0,022$	$F = 0,386$ $p = 0,542$
Equitabilidade \times Estação do ano	$df = 0,262$	$F = 4,647$ $p = 0,044^*$
Equitabilidade \times Área \times Estação do ano	$df = 0,029$	$F = 0,529$ $p = 0,476$

*Diferença significativa a 0,05%

Os resultados da análise estatística obtida a partir da aplicação da ANOVA estão apresentados na Tabela 2, mostrando uma diferença significativa entre as médias de equitabilidade \times estações do ano ($F=4,685$ e $p=0,0441$), e não significativo para equitabilidade \times área de estudo ($F =0,386$ e $p =0,542$).

Estas diferenças entre as médias de equitabilidade podem ter sido ocasionadas pela heterogeneidade na distribuição das espécies entre as estações do ano nas áreas estudadas, dado principalmente, pelo elevado recrutamento das espécies alóctones, *C. ocellaris* e *M. lippincottianus*, na área a montante, e a espécie nativa, *P. brevis*, na área a jusante do reservatório, durante os períodos de chuva e estiagem na região.

Os resultados apresentados na Figura 12, com aplicação da análise de correspondência canônica (CCA) entre os fatores bióticos, área de estudo e apetrechos de pesca, mostrou entre as variáveis analisadas, uma relação significativa entre os grupos de espécies ícticas identificadas.

A variável “Montante” (área de estudo) apresentou relação significativa ($p = 0.0001$) com o grupo das espécies (*R. quelen*, *Crenicichla menezesi* e *Hoplosternum*

littorale) que apresentaram maior ocorrência nos pontos amostrados na referida área de estudo.

A variável "Espera" (apetrecho de pesca) apresentou relação significativa ($p = 0.0004$), na associação entre as espécies *Centropomus pectinatus*, *Dormitator maculatus* e *Metynnis lippincottianus* amostradas na área a jusante do reservatório do Rio Gramame

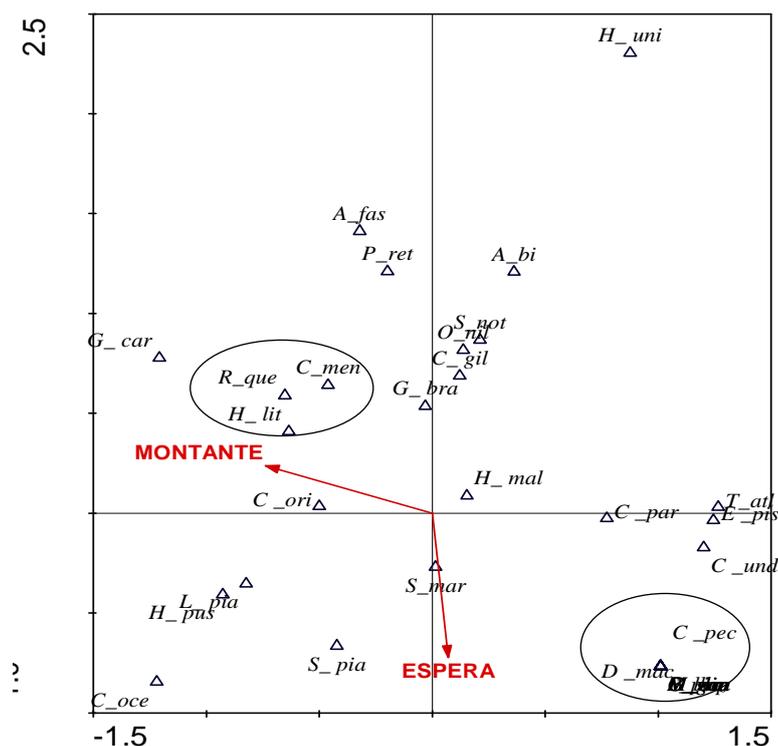


Figura 12. Análise de correspondência canônica (CCA) dos fatores bióticos e método de coleta (apetrechos de pesca) ao longo do Rio Gramame, durante os períodos analisados

4. CONCLUSÃO

A composição da ictiofauna apresentou diferença na riqueza de espécies nas áreas estudadas (montante e jusante do reservatório), o mesmo não ocorreu entre as estações do ano. Nos períodos, chuvoso e na estiagem, foram registrados na maioria, espécies nativas (pontos P2 e P3), e maior abundância de espécies alóctones (*C. ocellaris* e *M. lippincottianus*) e exóticas (*O. niloticus* e *P. reticulata*) nos pontos P1, P4 e P5.

A diversidade ictiológica nas áreas a montante e a jusante do reservatório não registraram diferença significativa entre as médias do índice de diversidade e riqueza,

no entanto, no índice de equitabilidade registrou-se uma diferença significativa na distribuição das espécies entre as estações do ano, gerado pela dominância de espécies alóctones (a montante) que ocasionaram uma redução na diversidade de espécies em todo o período analisado e por *P. brevis* na região a jusante.

A espécie *P. brevis* não foi coletada a montante do reservatório, o que mostra que as espécies reofílicas não conseguem realizar movimentos migratórios durante o período reprodutivo.

O teste de similaridade mostrou uma maior homogeneidade entre as espécies a jusante do que a montante do reservatório. A jusante, o período chuvoso apresentou maiores distâncias que no período de estiagem. A montante as maiores distâncias foram observados no período de estiagem

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados apresentados revelaram que a ictiofauna não se apresenta distribuída de forma semelhante ao longo da Bacia do Rio Gramame. Para além dos fatores naturais, relacionados com a presença de interferência do estuário, fatores antropogênicos, como a presença da barragem e qualidade da água interferem nos resultados obtidos. Como exemplo, podemos citar a espécie *P. brevis*, que sendo reofílica, não consegue subir a área da represa, não sendo observada na região a montante. Outro exemplo da interferência humana na comunidade íctica é o ponto P8 que recebe a água de uma área mais preservada e com isso conseguiu manter uma maior biodiversidade. Por outro lado, no ponto P5, com a introdução da espécie *C. ocellaris* também se verificou a diminuição da riqueza de espécies. Nos pontos P6 e P7, mais próximos e logo a jusante do distrito industrial, a riqueza de espécies também foi muito baixa, revelando a interferência da qualidade de água na assembléia íctica.

Considerando a necessidade de conservação ambiental, propõe-se a proteção do ponto P8 e P9, por terem demonstrado maior diversidade de espécies. No entanto, como esta área já foi desmatada é imprescindível que o poder público obrigue ao reflorestamento da mata ciliar. Como a presença desta mata se refletiu no aumento da biodiversidade, propõe-se também que esta seja reposta em todas as margens ao longo do Rio Gramame.

Entre as espécies que necessitam de conservação, salientam-se *P. brevis* que por não transporem a barragem, deverão estar reproduzindo nos pequenos riachos, que têm a qualidade de água comprometida pelas atividades humanas, logo com risco eminente de em um futuro próximo extinguirem-se localmente.

CAPITULO II
ESTRUTURA DE CRESCIMENTO DE ESPÉCIES DA ICTIOFAUNA
AO LONGO DO RIO GRAMAME

1. INTRODUÇÃO

Para a preservação de estoques naturais de peixes com a finalidade de uso sustentável são necessários conhecimentos específicos da dinâmica populacional.

O conhecimento da estrutura de crescimento de populações de peixes é de extrema importância para a verificação da distribuição de frequência em comprimento de uma dada espécie, com foco em fornecer subsídios indispensáveis para o entendimento da dinâmica das populações bem como, a identificação de problemas, como, falha na classe etária, baixo recrutamento dos estoques, crescimento lento ou excessiva taxa de mortalidade anual (CECÍLIO e AGOSTINHO, 1997).

Segundo Vazzoler (1996), a relação peso-comprimento, crescimento, recrutamento e mortalidade são ferramentas importantes em estudos de biologia pesqueira, manejo e preservação do meio ambiente, além de serem bons indicativos de atividades alimentares e reprodutivas. A taxa de crescimento dos indivíduos, a distribuição de frequência dos indivíduos e a distribuição de frequência de comprimentos, também são importantes parâmetros em estudos de dinâmica de populações de peixes (ANDERSON e GUTREUTER, 1992). A distribuição da frequência do comprimento de uma espécie fornece subsídios indispensáveis à interpretação da idade e crescimento, especialmente para peixes jovens, o que é importante para a definição de ações que visem a conservação das espécies.

A relação peso-comprimento pode estimar de forma indireta o ritmo de crescimento dos peixes, assim como, determinar o peso a partir do comprimento ou vice-versa. Segundo Lee Cren (1951), os valores de “b” na equação para o cálculo da relação peso-comprimento, podem variar entre espécies de diferentes locais, entre sexos e classes de comprimento, desenvolvimento gonadal, podendo representar diferenças taxonômicas e refletir fases de crescimento diferenciadas no desenvolvimento de uma espécie.

Estudos dessa natureza são incipiente ao longo do Rio Gramame, sendo citados apenas por Marques (1996) e Soares et al., (1998), que registraram a estrutura de crescimento e o processo reprodutivo das espécies da traíra (*Hoplias malabaricus*) e do curimatã (*Prochilodus brevis*), espécies nativas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame.

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo determinar o crescimento das espécies de peixes de maior representatividade a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, de forma a estabelecer a relação peso-comprimento das espécies

analisadas. Com isso, justifica-se a necessidade de ampliar o conhecimento acerca da estrutura de crescimento das espécies da ictiofauna ao longo do Rio Gramame, tendo em vista que estes fatores poderão ser utilizados como base para mecanismos de conservação dos estoques pesqueiros, criação de políticas públicas para a conservação da biodiversidade e a atividade da pesca na região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Estrutura de crescimento

A estrutura de crescimento das espécies de peixes mais abundantes coletados nos pontos amostrados ao longo do Rio Gramame foi determinada em laboratório, a partir da verificação do comprimento padrão (cm) e peso total (g) entre os sexos, utilizando-se paquímetro e/ou ictiômetro e balança digital com precisão de 0,1 g.

2.1.1. Estrutura em comprimento

A estrutura de comprimento dos peixes foi determinada com base na distribuição de médias de frequências das classes de comprimento padrão para ambos os sexos, cujas classes foram agrupadas em intervalos adequados para cada espécie analisada (SANTOS, 1978).

2.1.2. Relação peso-comprimento

A relação peso-comprimento das populações das espécies analisadas foi estabelecida a partir dos valores de comprimento padrão (cm) e o peso total (g) para ambos os sexos.

Após a obtenção desses dados, a relação peso-comprimento foi expressa de acordo com a equação matemática $Wt = a Ls^b$, e o ajustamento da curva através da equação $W = \Phi L^*$ (VAZZOLER, 1996; SANTOS, 1978).

Onde:

Wt = peso total do indivíduo;

Ls = comprimento padrão;

a = coeficiente linear;

b = coeficiente angular, sendo b um valor alométrico, que determina o tipo de crescimento da espécie (fator de condição).

2.1.3. Fator de condição (K)

O fator de condição descreve o estado fisiológico de bem estar da espécie no ambiente aquático. O cálculo do fator de condição (K) foi determinado de acordo com a expressão abaixo proposta por Vazzoler (1996).

$$K = Wt/Ls^b$$

Onde:

Wt = peso total (g);

Ls = comprimento padrão (cm)

b = constante da regressão entre peso e comprimento

2.1.4. Análise estatística dos dados

Foi aplicada a ANOVA para testar as diferenças entre as médias do fator de condição para cada uma das espécies, relacionando com os sexos e a sazonalidade da região, sendo determinado a partir do software *Infostat*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas a estrutura de crescimento das 7 espécies mais abundantes, *Cichla ocellaris*, *Hoplias malabaricus*, *Metynnis lippincotiannus*, *Rhamdia quelen*, *Eugerres brasiliensis*, *Centropomus undecimalis*, *Prochilodus brevis* amostradas entre os pontos a montante (P4 e P5) e a jusante do reservatório do Rio Gramame, com exceção dos pontos P6 e P7 que não apresentaram número suficiente de indivíduos para as referidas análises.

Os pontos P8 e P9 apresentaram um número razoável de exemplares entre as espécies analisadas, que apresentaram variações nos comprimentos e pesos totais entre os locais de estudo e a sazonalidade da região.

3.1. Estrutura de crescimento de *C. ocellaris*

Para analisar a estrutura de crescimento de *C. ocellaris* a montante (pontos de amostragem P4 e P5) foram avaliados um total de 120 indivíduos, sendo 80 machos e 40

fêmeas, nas duas estações do ano. Já a jusante do reservatório, nos pontos de amostragem P8 e P9, devido à sua baixa abundância, foram analisados apenas 10 indivíduos de ambos os sexos nos períodos de 2010 e 2011.

Os indivíduos coletados a montante do reservatório apresentaram um alto nível de recrutamento, com maior frequência de indivíduos na fase juvenil, com predominância de machos no total de indivíduos analisados, apresentando médias de comprimento e peso total de 12,6 cm e 125,1 g durante o período de chuva e de 11,7 cm e 54,9 g durante a estiagem (Fig. 1 a,b) com uma variação de 3 a 25 cm, e de 2 a 506 g.

Os espécimes capturados a jusante do reservatório, constaram de indivíduos jovens e adultos, com média de comprimento e peso total, de 21 cm e 224,7 g durante o período de chuva e 18,4 cm e 140 g no período de estiagem (Fig. 1 c,d), com variação de 18,4 a 22,2 cm e 112 a 329 g. Houve predominância de machos no total de indivíduos amostrados, o que demonstrou um baixo nível de recrutamento da espécie nessa área de estudo, possivelmente devido ao controle populacional feito por um predador natural e/ou diminuição na disponibilidade de presas na referida área de estudo. Outro fator que pode estar interferindo é a preferência por reprodução em outra área do rio, neste caso, as regiões a montante, em que se verificou um maior recrutamento.

Segundo Gomiero e Braga (2003), a introdução de espécies alóctones (*C. ocellaris*) em ambientes aquáticos, tende a aumentar a sua população em relação às outras, devido à ausência de predadores naturais e da grande disponibilidade de presas no ambiente. Esse tipo de situação pode ser admitido, principalmente, no ponto de amostragem P5 (reservatório do Rio Gramame) onde a espécie *C. ocellaris* está em constante renovação de seus estoques na população, ocasionando uma baixa riqueza de espécies nativas em toda a Bacia do Rio Gramame, devido à espécie apresentar adaptação a ambiente lântico, favorecendo assim sua reprodução, e por ser um predador muito ativo. Esta condição pressiona muito as outras espécies, incluindo o canibalismo, quando as presas de outras espécies tornam-se escassas.

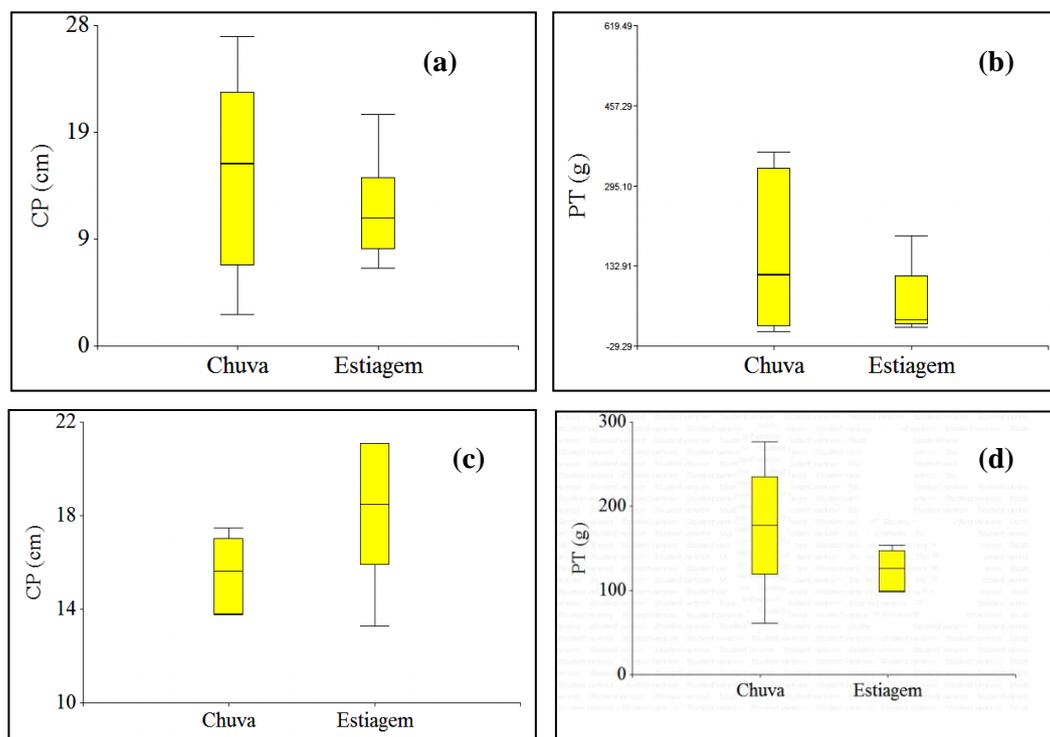


Figura 1. Médias dos comprimentos e pesos totais dos indivíduos de ambos os sexos de *C. ocellaris* coletados nas áreas a montante (a,b) e a jusante do reservatório (c,d), durante as duas estações de 2010 e 2011

3.1.1. Estrutura em comprimento

A estrutura em comprimento de *C. ocellaris* registrada a montante do reservatório (Fig. 2) nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011 não apresentou diferença quanto os intervalos de classes de comprimento. Apresentou uma grande maioria de indivíduos na fase de alevinagem, sendo os machos com maior representação que as fêmeas na fase juvenil com comprimentos mínimos e máximos que variaram entre 6,0 a 16,0 cm, e na fase adulta as fêmeas foram a maioria, com maior representação na classe de tamanho 19,0 a 25,0 cm (Fig. 2).

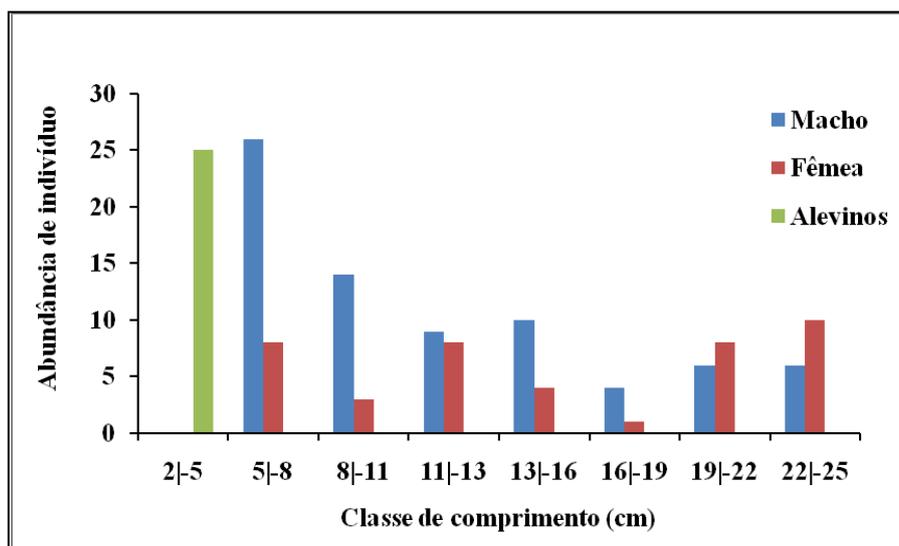


Figura 2. Classes de comprimento dos indivíduos de *C. ocellaris* capturados a montante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

A jusante do reservatório, entre os espécimes analisados a maior abundância foi de indivíduos machos com comprimentos mínimos e máximos de 14,0 a 23,0 cm. Enquanto as fêmeas foram menores, sendo a maioria representada na classe de 14,0 a 20,0 cm de comprimento (Fig. 3).

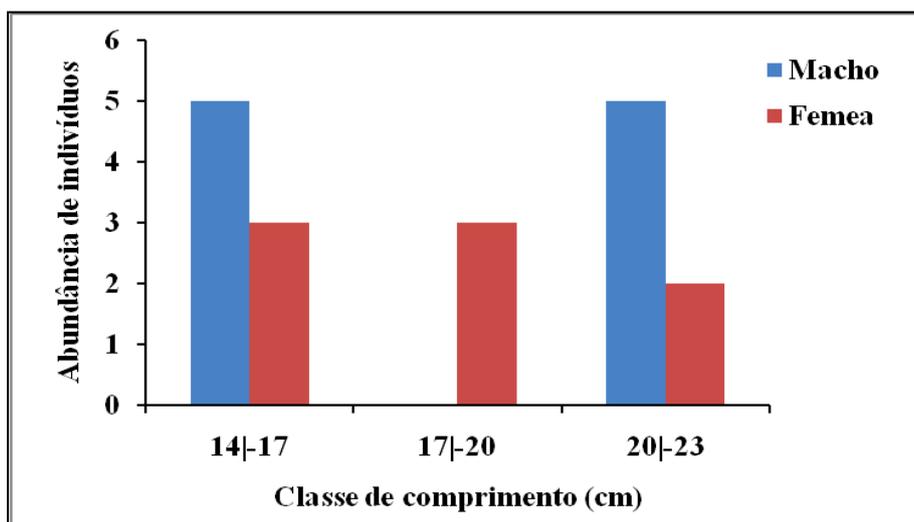


Figura 3. Classe de comprimento dos indivíduos amostrados de *C. ocellaris* a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, nos períodos de 2010 e 2011

Comprimentos similares ao do presente estudo foram constatados por Canan et al., (1997), na espécie *C. ocellaris*, na Lagoa Boa Cicca/RN, apresentaram comprimentos entre 8,5 a 19,6 cm. Por outro lado, Santos et al., (2006), registraram para a mesma espécie no Rio São Francisco/BA, indivíduos maiores no reservatório de Itaparica com comprimento de cerca de 34 cm, enquanto que, nos reservatórios de Delmiro e Golveia, os comprimentos variaram entre 21 a 23 cm.

Já em estudos realizados em regiões de água mais frias, como da Lagoa de Broa/SP, Velludo (2007) revelou para o crescimento de outra espécie do mesmo gênero, *C. kelberi*, indivíduos com tamanhos entre 3,4 a 32 cm de comprimento total. Do mesmo modo, Gomiero e Braga (2003), no reservatório de Volta Redonda/MG, registraram indivíduos com comprimentos maiores para a espécie *C. ocellaris*, com predominância de machos na classe de 40 a 48 cm e fêmeas na classe de 28 a 36 cm. Assim como, constataram Santos et al., (2001) registraram indivíduos maiores para outra espécie do mesmo gênero (*C. monoculus*) no reservatório de Lajes, RJ, que variaram entre 16 a 53 cm de comprimento.

3.1.2. Relação peso-comprimento

Para estabelecer a relação peso-comprimento de *C. ocellaris* a montante e a jusante do reservatório, foram analisados 156 indivíduos, de sexos diferentes, nas fases de alevinagem, juvenis e adultos. A partir da curva de crescimento estabelecida verificou-se um crescimento diferenciado para a espécie nas duas áreas de estudo.

Segundo Vazzoler (1996), na relação peso-comprimento, a constante b pode variar de 2,4 a 4,0, estando mais frequentemente próxima de 3,0, e difere entre espécies ou mesmo dentro da mesma espécie, de acordo com os estágios de desenvolvimento, variações ambientais e condições nutricionais. Quando b é igual a 3,0 descreve um tipo de crescimento do tipo isométrico, caracterizando a espécie cuja forma do corpo e gravidade específica não varia, ou seja, o crescimento ocorre em partes iguais, tanto em peso quanto em comprimento. Quando aos valores de b são maiores ou menores que 3, caracterizam as espécies com crescimento alométrico, positivo ou negativo, ou seja, apresentam maior incremento em peso, no primeiro caso e de comprimento, no segundo caso (VAZZOLER, 1996).

A montante do reservatório (pontos amostragem P4 e P5) a espécie estudada registrou um crescimento do tipo alométrico positivo ($b=3,280$), para machos e fêmeas no período chuvoso de 2010 e 2011, apresentando maior incremento em peso que comprimento corporal, como o aumento de peso das gônadas e o acúmulo de gordura durante o período reprodutivo, podendo estar relacionado com a maior disponibilidade de alimentos nos ambientes analisados. No período de estiagem dos mesmos anos estudados, para machos e fêmeas, o crescimento foi do tipo alométrico negativo ($b=2,845$), representando um maior incremento em comprimento do que em peso corporal nos indivíduos analisados (Fig. 4 a, b).

Por outro lado, nos pontos de amostragem situados a jusante do reservatório, nos pontos P6 e P7, não foram encontrados indivíduos da espécie estudada, devido os locais estarem próximos à entrada de efluentes industriais. Nos pontos P8 e P9, observou-se um crescimento do tipo alométrico negativo ($b=2,263$), durante as duas estações do ano, períodos em que a espécie demonstrou apresentar um maior aumento em comprimento do que em peso corporal (Fig. 4 c), possivelmente, esteja relacionado com competição entre espécies de hábitos alimentares semelhantes, ocasionando ao ambiente uma redução na disponibilidade de alimentos na área estudada.

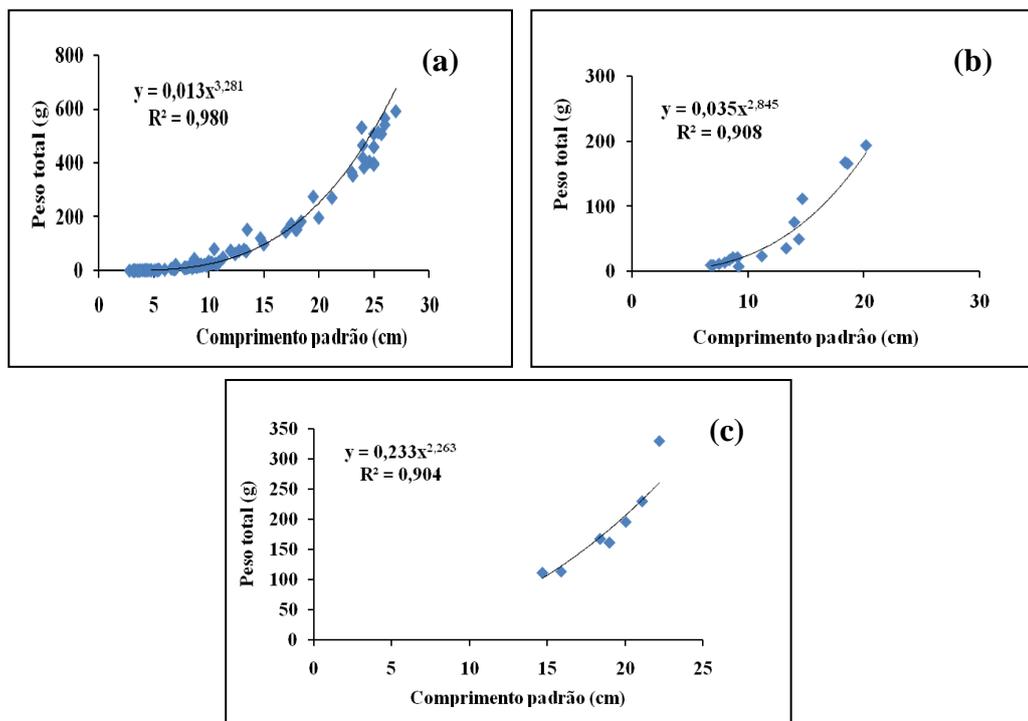


Figura 4. Relação peso-comprimento de *C. ocellaris* de ambos os sexos capturados a montante durante os períodos de chuva (a) e estiagem (b) e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nas duas estações do ano (c), Bacia Gramame, PB, de 2010 e 2011

Os resultados obtidos corroboram com Gomiero e Braga (2003), que constataram no crescimento de *C. ocellaris* no reservatório de Volta Grande, SP/MG, o tipo de crescimento alométrico positivo ($b = 3,280$) em ambos os sexos, demonstrando um incremento maior em peso do que em comprimento total.

Segundo Zaret (1980), a introdução de *C. ocellaris* em lagos, inicialmente verifica-se um aumento em peso e em comprimento superior ao observado nas populações de espécies nativas, e após a sua adaptação ao novo ambiente, a espécie tende a diminuir o seu crescimento na fase adulta, devido à intensa predação pelas populações e ao aumento da competição. Esse mesmo tipo de comportamento vem sendo observado para a espécie *C. ocellaris* na área a montante do reservatório (nos pontos P4 e P5), possivelmente, por esta área ser o local de desova dessa espécie (PEDRO, 1995) e os indivíduos armazenarem mais lipídios para os processos reprodutivos.

3.1.3. Fator de condição

O fator de condição reflete aspectos nutricionais recentes e/ou gastos de reservas em atividades cíclicas, sendo possível, relacioná-lo aos aspectos comportamentais das espécies (VAZZOLER, 1996).

Segundo Agostinho et al., (1990), a reposição das reservas corporais é indicada pelo incremento no fator de condição. No final do ciclo, esses valores decaem devido à queda no consumo de alimentos por estes animais, e também por transferência de reservas energéticas para o processo de maturação gonadal. A redução nos valores do fator de condição na época de reprodução também foi registrada em diversas outras espécies.

A montante do reservatório, durante o período chuvoso de 2010, a espécie, *C. ocellaris* apresentou os maiores valores médios do fator de condição para indivíduos machos ($K=2,130$), contribuindo para um melhor estado fisiológico da espécie. Já, entre as fêmeas os valores médios foram menores ($K=0,017$), evento que pode estar relacionado com o período reprodutivo da espécie e um maior acúmulo de gordura corporal neste período do ano, sendo levado pelo final do período chuvoso (181 mm) e início do período da estiagem (42 mm) na região.

Em 2011, o segundo ano de estudo, na estação chuvosa, o fator de condição calculado para a mesma espécie, indicou valores médios mais baixos que no ano anterior,

tanto para machos quanto para fêmeas ($K = 0,013$ e $K = 0,013$, respectivamente), sendo registrado no período chuvoso um índice pluviométrico no mês de julho de 304 mm e início do período de estiagem, com índice de 45 mm (Tab. 1). No período chuvoso o índice de diversidade reduziu, o que pode significar redução na disponibilidade de presas, e refletir-se no fator de condição desta espécie. No ano de 2011, a taxa de precipitação foi maior que em 2010, o que pode ter afetado mais a captura de presas, visto que o rio aumenta o seu volume diminuindo a densidade ecológica de presas, o que leva a um maior gasto energético para a sua captura.

Os resultados obtidos do fator de condição para *C. ocellaris* no presente estudo, corroboram com os dados encontrados por Gomiero e Braga (2003) no reservatório de Volta Grande, SP, que acusaram um decréscimo no fator de condição durante os períodos da estação de inverno e verão na região.

Tabela 1. Valores médios do fator de condição de *C. ocellaris* e o índice pluviométrico da região a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Pedras de Fogo, PB.

A montante do reservatório				
Fator de condição (K)	Estiagem/2010	Chuva/2010	Estiagem/2011	Chuva/2011
Macho	0,010	2,130	0,016	0,013
Fêmea	0,017	0,010	2,040	0,013
Índice pluviométrico (mm)	42	181	45	304
A jusante do reservatório				
Fator de condição (K)	Estiagem/2010	Chuva/2010	Estiagem/2011	Chuva/2011
Macho	0,140	0,130	-	-
Fêmea	0,110	0,110	-	-
Índice pluviométrico (mm)	28,1	197,6	13,7	437,8

A jusante do reservatório, os valores médios do fator de condição dos espécimes de *C. ocellaris*, no período analisado apresentaram valores relativamente baixos entre os sexos, sendo os machos que apresentaram os valores mais elevados, com melhor condição fisiológica nas estações de chuva ($K = 0,130$; $K = 0,110$) e estiagem ($K = 0,140$; $K = 0,110$) de 2010 (Tab. 1).

Os baixos valores do fator de condição registrados nesta área, em comparação com a área a montante, para a espécie podem estar relacionados com o *stress* provocado pela entrada de efluentes industriais oriundos do distrito industrial de João Pessoa, que

contamina o ambiente por poluentes tóxicos, elevando a temperatura da água nos pontos amostrados. Além disso, tem a aproximação dos pontos de coleta com o estuário, que aumenta o fluxo da água do rio, através da movimentação das marés, conduzindo as espécies estuarinas, de hábitos alimentares semelhantes à espécie estudada, como, *Centropomus undecimalis* e *C. parallelus*, que competem pelos mesmos recursos alimentares disponíveis na região. Não deve ser por falta de presas, visto que na região a jusante se verificou maior abundância de indivíduos.

A análise comparativa entre as médias do fator de condição com aplicação da ANOVA nas áreas estudadas mostrou diferença significativa entre as estações do ano, as áreas de estudo e entre os sexos dos indivíduos, o que pode ter interferido com o fator alométrico estimado para a espécie *C. ocellaris* na área estudada.

3.2. Estrutura de crescimento de *Hoplias malabaricus*

Foram analisados 100 indivíduos da espécie *H. malabaricus*, sendo 72 na área a montante do reservatório, nos pontos de amostragem P2 a P5. A maioria dos indivíduos analisados foi representada por machos e fêmeas, no ano de 2010. Nos períodos de chuva apresentaram proporção igual entre os sexos (50% cada) e na estiagem, os machos apresentaram maior proporção (55,55%) que as fêmeas (44,44%) dos indivíduos analisados. Já no segundo ano de amostragem, em 2011, no período de chuva verificou-se igual proporção entre os sexos (50% cada) semelhante ao mesmo período de 2010, e durante a estiagem, os machos também tiveram maiores proporções que as fêmeas, (66,67 e 33,33%, respectivamente) (Fig. 6).

A jusante do reservatório, os pontos P6 e P7, não foram contemplados com as análises por não ter sido representada a espécie analisada, provavelmente, devido ao *stress* provocado pelo descarte de poluentes originários do distrito industrial de João Pessoa nas proximidades dos referidos pontos de amostragem.

Desse modo, as análises na estrutura de crescimento de *H. malabaricus* foram realizadas apenas nos pontos P8 e P9, locais onde o *stress* é menor para a espécie, devido aos mesmos se situarem mais distantes da entrada dos efluentes industriais que são introduzidos as margens do Rio Mumbaba e Gramame, e nem tão próxima à foz do rio, ponto de coleta (P10).

Os espécimes analisados apresentaram tamanhos diferenciados entre os pontos de amostragem na área estudada. Durante os períodos de 2010 e 2011 a montante do

reservatório (Fig. 5 a,b), os indivíduos de ambos os sexos apresentaram comprimentos e pesos totais médios maiores durante o período chuvoso do que na estiagem (17,3 cm e 193,1 g, e 12,7 cm e 86,7 g, respectivamente). A jusante do reservatório durante o mesmo período do ano, os indivíduos analisados apresentaram comprimentos e pesos totais médios de 14,2 cm e 74,8 g, respectivamente, para ambos os sexos (Fig. 5 c, d).

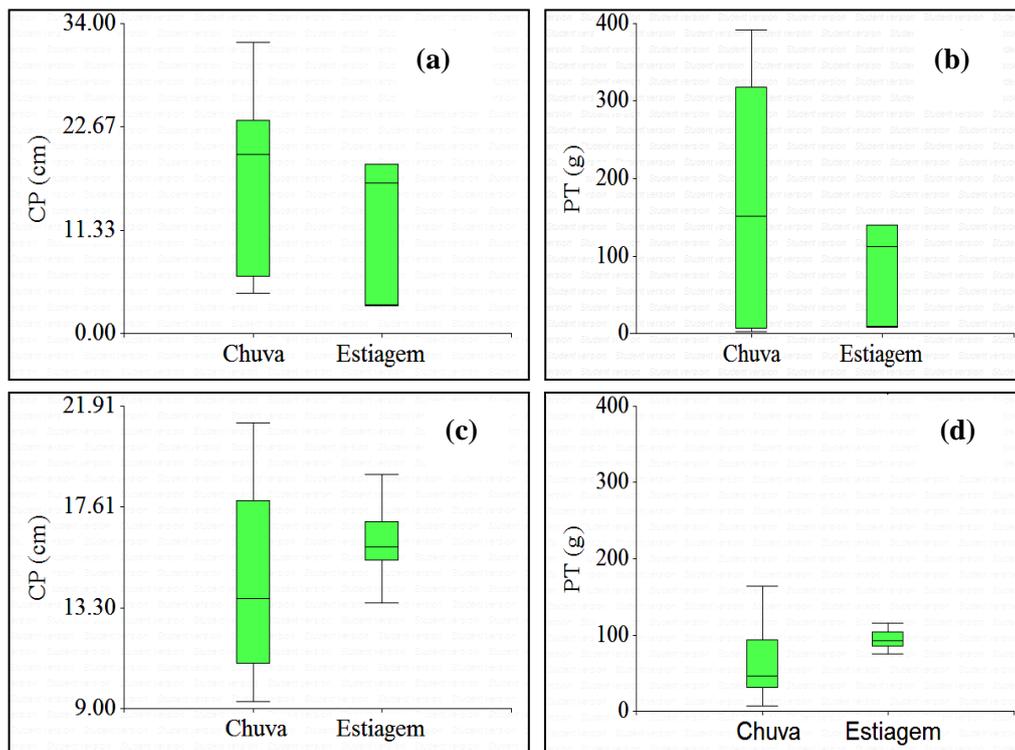


Figura 5. Médias de comprimentos e pesos totais dos indivíduos de ambos os sexos de *H. malabaricus*, coletados na área, a montante (a,b) e a jusante do reservatório (c,d), durante períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

3.2.1. Estrutura em comprimento

Entre os pontos de coleta amostrados a montante do reservatório, a estrutura em comprimento dos indivíduos analisados de *H. malabaricus* durante as duas estações do ano, evidenciou uma população composta por indivíduos imaturos, representados por comprimentos variando de 4 a 12 cm, como também, jovens e adultos, com a maioria representados por machos, com comprimentos na classe de 26 a 30 cm. As fêmeas estiveram principalmente representadas por indivíduos na classe de comprimento de 18 a 24 cm (Fig. 6).

A jusante do reservatório foram analisados indivíduos da espécie de ambos os sexos nas duas estações do ano, nas fases juvenil e adultos, sendo os machos com

tamanhos maiores que as fêmeas e com maior incidência na classe de comprimento de 14 a 23 cm, e de fêmeas na classe 14 a 20 cm (Fig. 6).

Os comprimentos registrados nos indivíduos de *H. malabaricus* encontrados a montante do reservatório, corroboram com os apresentados por Montenegro (2006) no açude Taperoá/PB, em que os indivíduos machos apresentaram comprimentos com amplitude maior variando entre 19 a 25 cm. Os indivíduos de pequeno porte (imaturos) indicaram recrutamento recente, semelhante ao registrado para a espécie no presente estudo. No entanto, diferem dos comprimentos dos indivíduos da mesma espécie constatados por Chaves et al., (2009), também no açude Taperoá/PB, que registraram indivíduos de comprimentos máximos maiores, que variaram entre 14 a 42,4 cm., demonstrando haver uma variação na estrutura populacional da espécie, dependendo do período do ano, o que pode proporcionar um maior ou menor desenvolvimento para os indivíduos.

Canan et al., (1997), analisando a mesma espécie na Lagoa Boa Cicca, Nizia Floresta/RN registraram indivíduos com tamanhos relativamente maiores aos encontrados no presente estudo, com variações entre 10,4 a 29,3 cm de comprimento. Assim como, Gurgel et al., (2005), observaram em um trecho do Rio Ceará Mirim/RN, indivíduos com comprimentos máximos maiores para a mesma espécie estudada, apresentando variação de 4,1 a 35,5 cm. Enquanto, Benedito-Cecílio e Agostinho (1997) no reservatório de Segredo/PR, registraram indivíduos da mesma espécie, com uma variação ainda maior, com comprimentos entre 9 a 50 cm, possivelmente, o aumento no comprimento da espécie esteja relacionada com a diminuição da temperatura na região estudada. Assim como, Martins et al., (2009), que registraram para a mesma espécie na represa de Capim Branco I, Rio Araguari/MG, uma maior incidência de fêmeas com tamanhos maiores das analisadas no presente estudo, com uma variação de 19 a 36 cm de comprimento total.

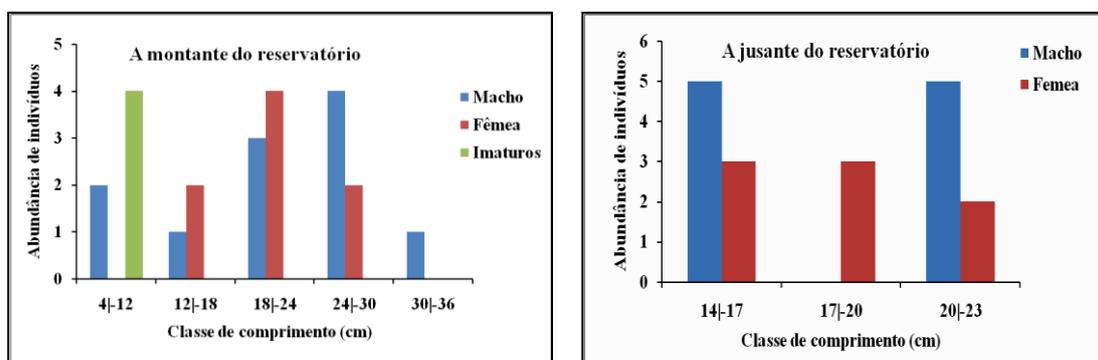


Figura 6. Distribuição do comprimento em intervalos de classe para fêmeas e machos de *H. malabaricus* coletados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB.

3.2.2. Relação peso-comprimento

Os resultados obtidos da relação peso-comprimento de *H. malabaricus* para ambos os sexos dos indivíduos coletados a montante do reservatório, durante os períodos de chuva e estiagem, estão apresentados na Fig. 7 (a, b).

A montante do reservatório, o crescimento da espécie foi do tipo alométrico positivo ($b=3,117$), revelando um maior incremento em peso total do que em comprimento nos indivíduos durante o período chuvoso. O incremento em peso corporal pode dar-se pelo processo de maturação gonadal da espécie *H. malabaricus* que ocorre entre os meses de abril a julho (MARQUES et al., 2000).

No período de estiagem, registrou-se um maior incremento em comprimento total, indicando um crescimento do tipo alométrico negativo, registrando um coeficiente de $b=2,710$. Isso mostra que no período chuvoso a espécie acumula energia para a reprodução, o que se reflete em maior crescimento em peso e após a reprodução, investe em crescimento corporal no comprimento individual.

Os resultados obtidos corroboram com os registrados por Chaves et al., (2009), em *H. malabaricus* na bacia do Rio Taperoá, Paraíba, que constataram indivíduos com crescimento do tipo alométrico negativo ($b=2,257$) nos períodos de estiagem, enquanto que no período chuvoso o crescimento registrado foi do tipo alométrico positivo, ($b=3,201$). Estes dados são diferentes do observado por Peixoto et al., (2010), para a mesma espécie no mesmo ambiente acima, em que indicaram através da relação peso-comprimento o tipo de crescimento isométrico para a espécie nas duas estações do ano, sendo durante o período chuvoso apresentando coeficiente angular de $b=2,970$ e na estiagem, coeficiente de $b=2,920$, ou seja, a espécie incrementa tanto em peso corporal quanto em comprimento

Barbieri (1989) descreveu para a mesma espécie na represa do Monjolinho, São Carlos/SP, durante o período chuvoso, um crescimento lento do tipo isométrico ($b=3,180$), caracterizando o tipo de crescimento da espécie como padrão para a maioria dos teleósteos, em que os incrementos em comprimento são maiores em indivíduos jovens, e o inverso com relação ao incremento em peso corporal.

Segundo Grimes (1978), os valores baixos na taxa de crescimento corporal de *H. malabaricus*, devem-se às características da espécie, que apresenta comportamento alimentar que ocupa os níveis tróficos mais elevados na cadeia alimentar, e se utiliza de

estratégia do tipo de emboscada para a aquisição de suas presas, desse modo gasta menos energia durante a atividade alimentar.

Os resultados obtidos da relação peso-comprimento para a espécie *H. malabaricus* a jusante do reservatório, nos períodos de chuva e estiagem, diferiram do tipo de crescimento para indivíduos da mesma espécie na área a montante do reservatório, pelo tipo de crescimento alométrico negativo ($b = 2,424$), evidenciando um maior incremento em comprimento do que em peso corporal, em todo o período analisado (Fig. 7 c). É possível que a maior abundância de *C. ocellaris*, competidor, induza a um maior crescimento em comprimento.

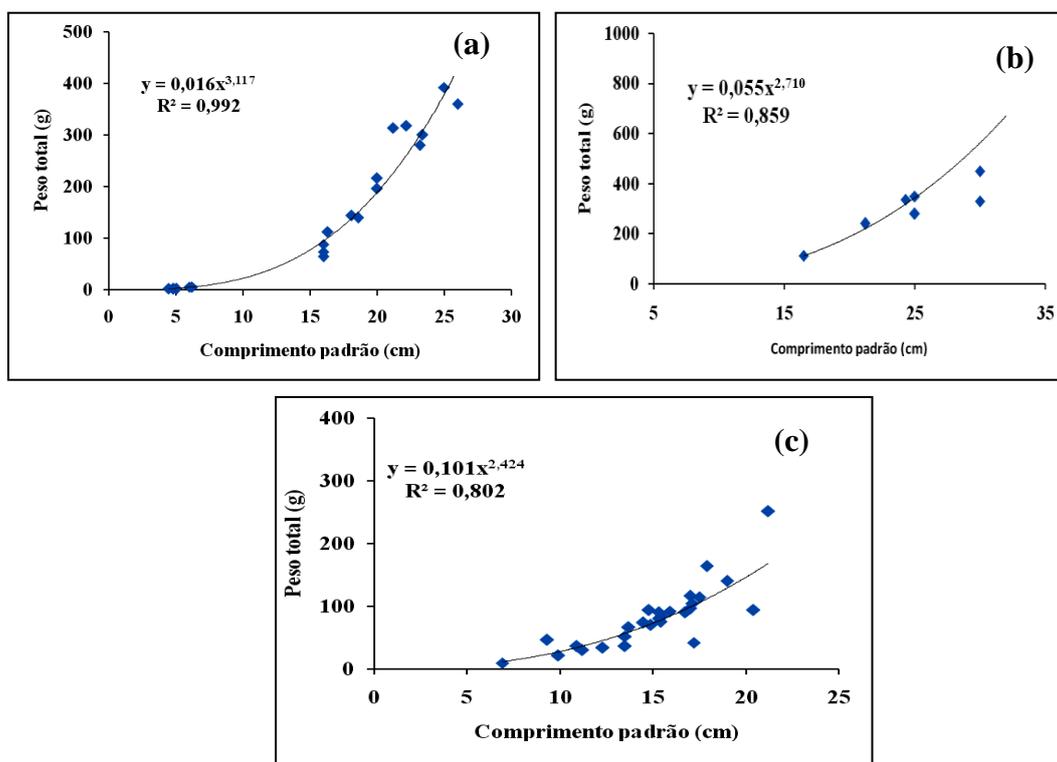


Figura 7 - Relação peso-comprimento de *H. malabaricus* para sexos agrupados, a montante no período de chuva (a) e estiagem (b) e a jusante do reservatório do Rio Gramame em ambas as estações do ano (c), na bacia do Rio Gramame, PB.

3.2.3. Fator de condição

Os resultados do fator de condição calculado para a espécie analisada estão apresentados na Tabela 2, que indica as diferenças entre os valores médios durante as estações do ano e os sexos dos indivíduos analisados.

Tabela 2 - Valores médios do fator de condição de *H. malabaricus* e o índice pluviométrico da região a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB.

A montante do reservatório				
Fator de condição (K)	Estiagem/2010	Chuva/2010	Estiagem/2011	Chuva/2011
Macho	0,06	0,03	0,08	0,04
Fêmea	0,03	0,04	0,04	0,04
Índice pluviométrico (mm)	42	181	45	304
A jusante do reservatório				
Fator de condição (K)	Estiagem/2010	Chuva/2010	Estiagem/2011	Chuva/2011
Macho	0,06	0,14	0,06	0,09
Fêmea	0,07	0,13	0,07	0,14
Índice pluviométrico (mm)	28,1	197,6	13,7	437,8

Na área a montante do reservatório os resultados obtidos referentes ao fator de condição para a espécie analisada, indicaram valores pouco diferenciados entre machos e fêmeas nos períodos de 2010 e 2011 com médias de $K = 0,030$ e $K = 0,040$, respectivamente, durante o período chuvoso (Índice pluviométrico de 197,6 mm e 437 mm, respectivamente). Por outro lado, durante a estiagem dos mesmos anos (índice pluviométrico de 28,1 mm e 13,7 mm, respectivamente), os valores foram relativamente maiores para machos e fêmeas ($K=0,060$ e $K=0,080$; $K=0,030$ e $K=0,040$, respectivamente). Esse período é caracterizado como a finalização do ciclo reprodutivo da espécie, período em que os machos apresentam melhor condição de bem estar fisiológico na região (MARQUES et al., 2000). Ao mesmo tempo, por ter menos água no rio a densidade ecológica aumenta o que pode favorecer a captura de presas.

Os pontos de coletas a montante do reservatório, sofrem grande influência do represamento do Rio Gramame, sendo o período de estiagem o mais propício para o restabelecimento da espécie à condição de bem estar fisiológico, por ocasião da finalização do período reprodutivo, e uma maior disponibilidade de alimentos para a espécie no ambiente.

Diferentemente dos valores obtidos para o fator de condição registrado para a área a montante nos mesmos anos analisados, a jusante do reservatório, a espécie estudada apresentou nos períodos de 2010 e 2011 valores maiores durante os períodos chuvosos para ambos os sexos, sendo representados para os machos de $K=0,140$ e $K=0,090$, respectivamente e para as fêmeas de $K=0,130$ e $K=0,140$, respectivamente. A diferença nos valores do fator de condição da espécie estudada entre as áreas de estudo, possivelmente, seja devido da condição do ambiente as diversas ações antrópicas, inerentes a poluição por resíduos industriais que são introduzidos nessa porção do Rio Gramame e seus afluentes provocando *stress* das espécies presentes.

Valores semelhantes do fator de condição foram citados por Martins et al., (2009), para a mesma espécie, no reservatório de Capim Branco/MG, tendo os machos valores mais elevados que as fêmeas ($K=0,075$; $K=0,042$, respectivamente), o que se verificou nos pontos de coleta no reservatório no período de estiagem.

A análise estatística a partir da ANOVA mostrou diferença significativa do fator de condição da espécie amostrada, com relação à sazonalidade da região ($F=11,51$; $p=0,002$), sendo a estação chuvosa a condição de maior bem estar apresentado para a espécie analisada, no entanto, não foi significativo entre os sexos dos indivíduos analisados ($F=1,12$; $p=0,340$).

Estudos futuros deverão ser realizados para ampliar o conhecimento acerca do crescimento de *H. malabaricus* na área a montante do reservatório, tendo como base o presente estudo, que terão como intuito, observar o comportamento da espécie ao longo do tempo, o qual poderá vir a servir para futuros programas de manejo e a conservação da espécie na área estudada.

Dessa forma, os resultados obtidos permitiram concluir que, a espécie *H. malabaricus*, nas áreas a montante e a jusante do reservatório, foram representadas por indivíduos de ambos os sexos nas duas estações do ano, nas fases imatura, juvenis e adultas, sendo a maioria representada por machos, enquanto que, na segunda área de trabalho os indivíduos foram representados por ambos os sexos nas fases juvenis e adultos. Ao longo do estudo, a espécie analisada revelou uma grande variação de comprimentos, indicando haver um recrutamento constante.

3.3. Estrutura de crescimento de *Metynnis lippincottiannus*

Entre os pontos amostrados (P4 e P5) situados a montante do reservatório, foram analisados 146 indivíduos, sendo 79 fêmeas e 67 machos, sendo a maioria adulto, com comprimentos que variaram entre 7 e 25 cm, com média de 10,4 cm, e pesos totais entre 24 e 152 g, com média de 69,7 g, sendo a maioria capturados durante o período de chuva (Fig. 8 a, b).

A jusante do reservatório, nos pontos P6 e P7 não foram analisados indivíduos da espécie estudada, entretanto nos pontos P8, P9 e P10 foram analisados um total de 30 exemplares, sendo 10 fêmeas e 20 machos, todos também nas fases adulta apresentando comprimentos que variaram entre 7 e 11 cm, e com peso total de 16 a 40 g, com médias de 8,6 cm e 25,4 g, respectivamente (Fig. 8 c, d).

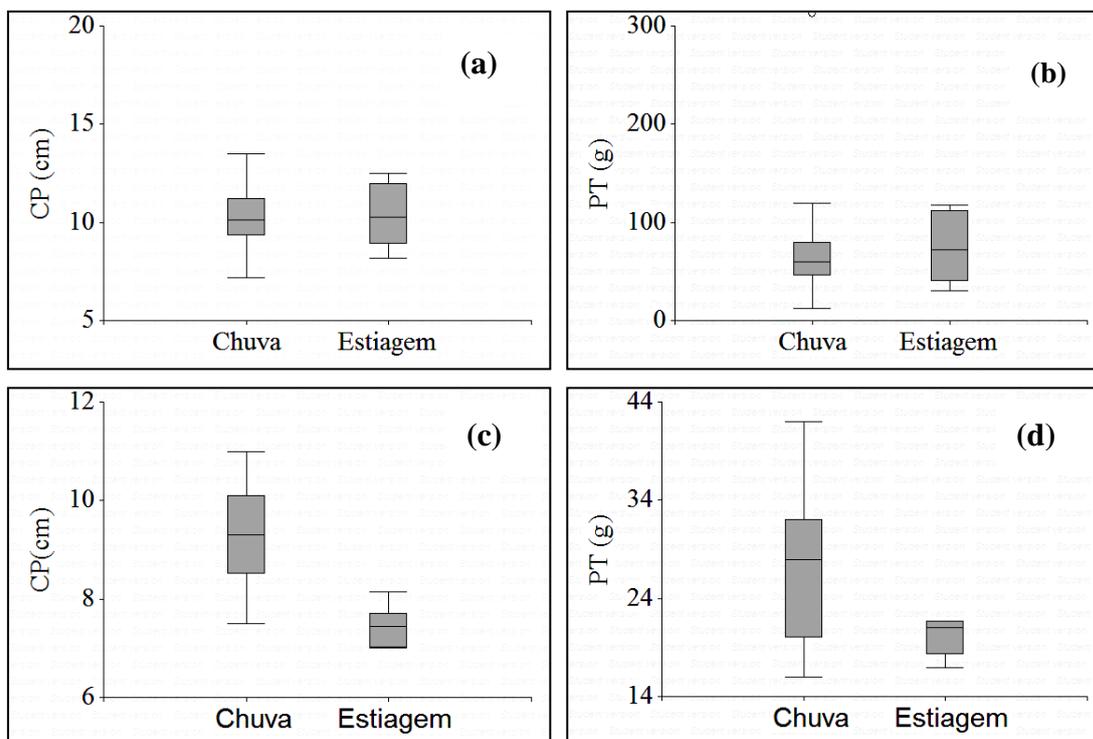


Figura 8. Médias de comprimentos e pesos totais dos indivíduos de ambos os sexos de *M. lippincottiannus*, coletados nas áreas a montante (a, b) e a jusante do reservatório (c, d), durante os períodos de 2010 e 2011

3.3.1. Classes de comprimento

A classe de comprimento da espécie *M. lippincottiannus* na área a montante do reservatório apresentou indivíduos com tamanhos maiores sendo representados em

pequena proporção na classe de comprimento 17|-27 cm a montante nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011.

Os comprimentos dos indivíduos em geral foram distribuídos em três intervalos de classe, sendo a maioria, representado por fêmeas (51 indivíduos) na classe de 10 a 17 cm, e por machos (39 indivíduos) na classe de 7 a 10 cm de comprimento, em ambos os períodos estacionais (Fig. 9).

Por outro lado, a jusante do reservatório (pontos P8 a P10) nos dois períodos sazonais, os comprimentos dos indivíduos foram distribuídos em dois intervalos de classe, com baixa amplitude de variação, sendo a maioria representada por indivíduos machos na classe de comprimento de 7 a 10 cm, e de igual proporção para machos e fêmeas na classe de 10 a 17 cm de comprimento (Fig. 9).

Resultados similares foram registrados por Teixeira et al., (2009) para a espécie de *M. lippincottianus* no reservatório de Boa Esperança/PI, que revelaram comprimentos entre 8 a 13 cm, independente do sexo. Entretanto, os resultados obtidos por Canan e Gurgel (1997) para população de outra espécie (*M. roosevelti*) da Lagoa do Jiqui, Parnamirim, RN, registraram indivíduos menores com variação de tamanhos, sendo a maioria representada por fêmeas de tamanhos maiores que os machos, e apresentaram comprimentos entre 4 e 13 cm e os machos de 3 a 11 cm.

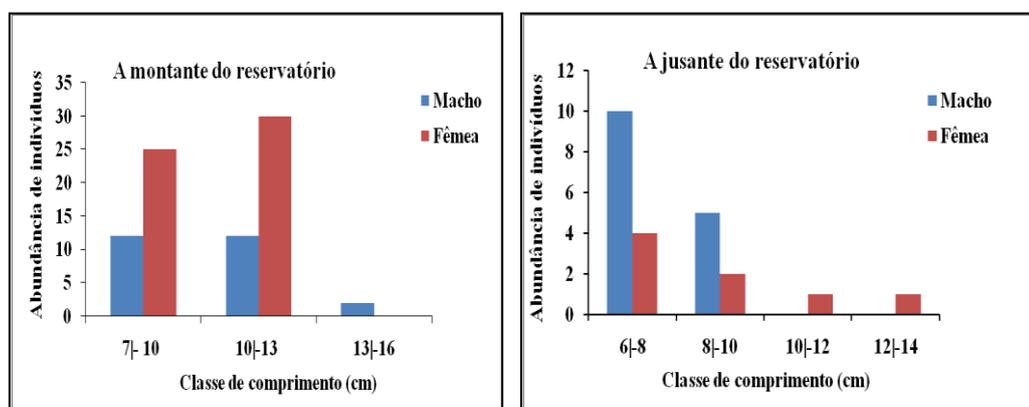


Figura 9 - Classe de comprimentos para fêmeas e machos de *M. lippincottianus* coletados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011

3.3.2. Relação peso-comprimento

A relação peso-comprimento estabelecida para indivíduos de ambos os sexos da espécie *M. lippincottianus* amostrados a montante do reservatório, apresentaram valores que revelaram o tipo crescimento alométrico negativo, tanto para fêmeas ($b=2,677$)

quanto para machos ($b=2,423$), apresentando um incremento maior em comprimento do que em peso corporal, entre os indivíduos analisados (Fig. 10 a, b).

A jusante do reservatório, o crescimento da espécie foi amostrado em indivíduos de menores tamanhos do que a montante, possivelmente, devido ao aumento no recrutamento da espécie, ocasionado pelo *stress* gerado pela poluição ambiental originária da introdução de peixes, que nestas situações de *stress* deixam de crescer. Isso não é mais lógico do que reproduzir mais em ambiente de efluentes industriais próximos aos pontos de coletas. Na verdade, verificou-se indivíduos de pequeno tamanho em reprodução nesta área, provavelmente pelo obstáculo da barragem. Desse modo, o crescimento foi do tipo alométrico negativo ($b=2,120$), demonstrado pelo incremento maior em comprimento do que em peso total (Fig. 10 c).

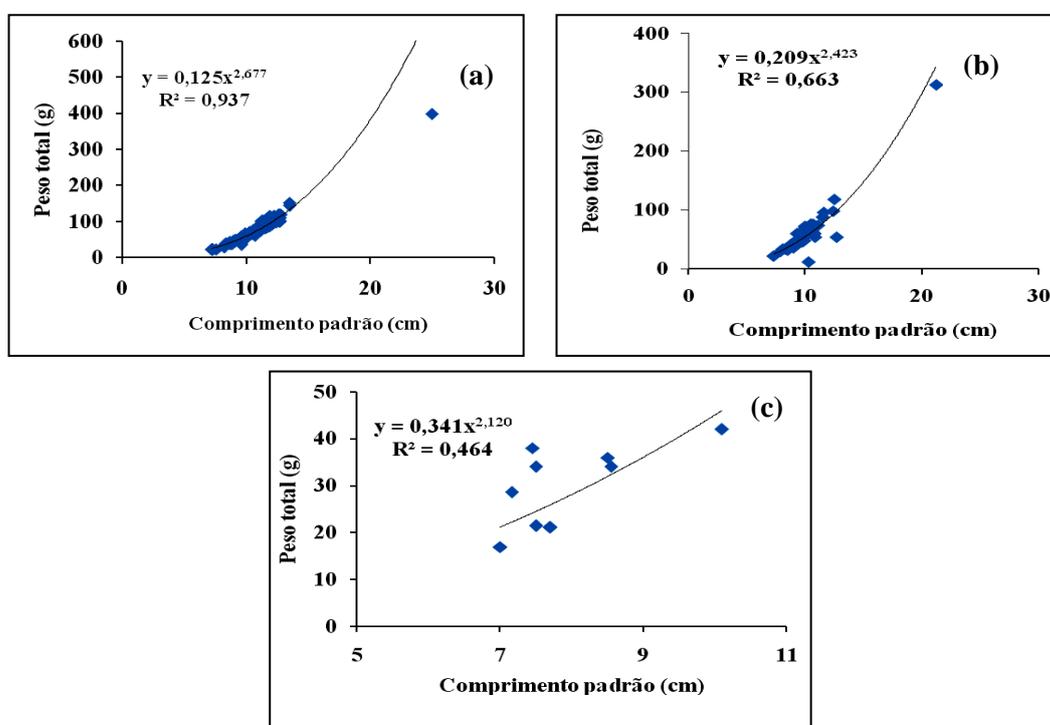


Figura 10. Relação peso-comprimento de espécimes de machos e fêmeas de *M. lippincottianus* coletados a montante (a, b) e machos a jusante do reservatório do Rio Gramame (c), bacia do Rio Gramame, PB, durante o período de chuva e estiagem de 2011 a 2012

Segundo Barbieri (1982), o crescimento do tipo alométrico negativo na espécie, está relacionado com o processo de adaptação da espécie ao ambiente na fase juvenil, quando o incremento corporal em comprimento são maiores em relação ao peso do corpo, características que são padrões para a maioria dos teleósteos.

Os resultados obtidos no presente trabalho não corroboram com os registrados por Canan e Gurgel (1997) para a espécie do gênero *Metynnis* (*M. roosevelti*) da Lagoa do Jiqui, Parnamirim, RN, que indicaram um crescimento do tipo isométrico para fêmeas ($b=2,981$) e machos ($b=3,130$). Isso pode significar que estas espécies podem apresentar padrões de crescimento diferenciados, dependendo do tipo de ambiente e alimentos disponíveis.

3.3.3. Fator de condição (K)

O fator de condição dos indivíduos da espécie em estudo, capturados nos pontos amostrados a montante e a jusante do reservatório, apresentaram diferença nos valores médios entre os sexos, mas não entre os períodos dos anos analisados.

A montante do reservatório, fazendo um comparativo entre os períodos chuvosos de 2010 e 2011 sobre os valores do fator de condição para a espécie estudada (Tab. 3), verificou-se que não apresentaram diferença entre fêmeas e machos, para o mesmo período de 2010 ($K=0,130$, $K=0,130$, respectivamente) e para 2011 ($K=0,210$, $K=0,220$, respectivamente).

As fêmeas nos períodos de chuva de 2010 apresentaram o valor médio do fator de condição inferior ao mesmo período de 2011 ($K=0,130$, $K=0,220$, respectivamente), o que pode estar relacionado com o baixo volume de chuvas que chegaram na região do reservatório, sendo registrados índices pluviométricos de 180 mm, 304 mm, respectivamente, que pode ter levado à competição por alimentos com outras espécies de hábitos alimentares semelhantes, devido a uma menor disponibilidade dos recursos naturais no ambiente, evidenciando um bem estar nutricional comprometido para a espécie durante o período analisado, além disso, com menos chuvas, os poluentes direcionados para o rio pelas indústrias, estão mais concentrados, o que poderá também aumentar o fator de *stress* e, com isso, piorar o fator de condição nestes animais.

Durante a estiagem dos respectivos anos, o fator de condição para a espécie estudada registrou valores relativamente menores que no período chuvoso, sendo representado entre machos e fêmeas para o ano de 2010 ($K=0,200$, $K=0,120$, respectivamente) e para 2011 ($K=0,230$, $K=0,130$, respectivamente). Possivelmente, esteja relacionado com período reprodutivo da espécie o que justifica o menor fator de condição para as fêmeas por gastarem mais energia nesse período que os machos, e o *stress* provocado pelo grande período de ausência de chuvas, sendo registrados os menores índices pluviométricos (42 mm e 45 mm) no período analisado (Tab. 3).

A jusante do reservatório do Rio Gramame, os resultados obtidos mostraram que os fatores de condição estabelecidos para a espécie estudada durante os períodos chuvosos foram representados pelos maiores valores médios, mesmo assim, muito baixos, com pequenas variações entre os sexos, sendo os maiores valores médios registrados para fêmeas ($K=0,100$) e para os machos ($K=0,090$) no período de chuva de 2011, evidenciando uma baixa condição nutricional para a espécie. Possivelmente, esta condição nutricional possa estar relacionada com o *stress* provocado pela poluição ambiental sofrida por essa região.

A análise estatística realizada a partir da ANOVA mostrou que o fator de condição não apresentou diferença significativa na área a montante do reservatório, quanto ao sexo e estação do ano ($F=2,23$, $p = 0,111$; $F=1,75$, $p = 0,188$, respectivamente).

Na área a jusante do reservatório, o fator de condição não apresentou diferença significativa quanto ao sexo ($F = 3,36$, $p=0,062$), mas houve diferença significativa quanto à estação do ano ($F=20,51$, $p = 0,0004$). A ausência de diferença no fator de condição a jusante com as estações do ano, com valores menores que a montante, mostra que estas áreas sofrem um *stress* maior que a montante, provavelmente por conta dos efluentes das indústrias. Desse modo, conclui-se que, a espécie *M. lippincottianus* revelou um fator de condição mais elevado na região a montante que a jusante, o que pode refletir a condições de *stress* imposta pela poluição do distrito industrial, no Rio Gramame nessa última área.

Tabela 3. Valores médios do fator de condição de *M. lippincottianus* e o índice pluviométrico das regiões a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB.

A montante do reservatório				
Fator de condição (K)	Estiagem/2010	Chuva/2010	Estiagem/2011	Chuva/2011
Macho	0,20	0,21	0,23	0,22
Fêmea	0,12	0,13	0,13	0,13
Índice pluviométrico (mm)	42	181	45	304
A jusante do reservatório				
Fator de condição (K)	Estiagem/2010	Chuva/2010	Estiagem/2011	Chuva/2011
Macho	0,05	0,07	0,08	0,09
Fêmea	0,07	0,04	0,09	0,10
Índice pluviométrico (mm)	28,1	197,6	13,7	437,8

3.4. Estrutura de crescimento de *Rhamdia quelen*

Da espécie *R. quelen*, foram analisados 49 indivíduos, 30 capturados a montante e 19 a jusante do reservatório, que foram representados por ambos os sexos nas fases juvenis e adultos, sendo a maioria dos indivíduos machos com 71% e 54%, respectivamente, diferenciando-se quanto aos tamanhos, com a sazonalidade da região.

Os espécimes analisados na área a montante do reservatório, machos e fêmeas apresentaram comprimentos e pesos totais médios que variaram entre as estações de chuva de 18,56 e 17,22 cm e 157,87 e 151,17 g, e na estiagem apresentaram 29,7cm e 20 g para ambos os sexos, respectivamente (Fig. 11 a, b, c, d).

A jusante do reservatório, entre os indivíduos analisados, os machos registraram os maiores tamanhos que as fêmeas durante os períodos de chuva e estiagem, apresentando comprimentos e pesos totais que variaram de 19,48 cm e 17,33 cm, e 236,4 g e 114,5 g, e de 14,55 cm e 62,86 g, respectivamente.

Segundo Gomes et al., (2000), a espécie *R. quelen* pode ser considerada euritérmica, por que suporta temperaturas até 34 °C, e que seu crescimento aumenta com o incremento da temperatura, sendo bastante pronunciado nos primeiros anos de vida. A taxa de crescimento dos machos é maior do que a das fêmeas até o terceiro ou quarto ano de vida, quando a situação se inverte, pois estas passam a crescer mais rapidamente. Relato que justifica os resultados obtidos no presente trabalho para o crescimento da espécie estudada.

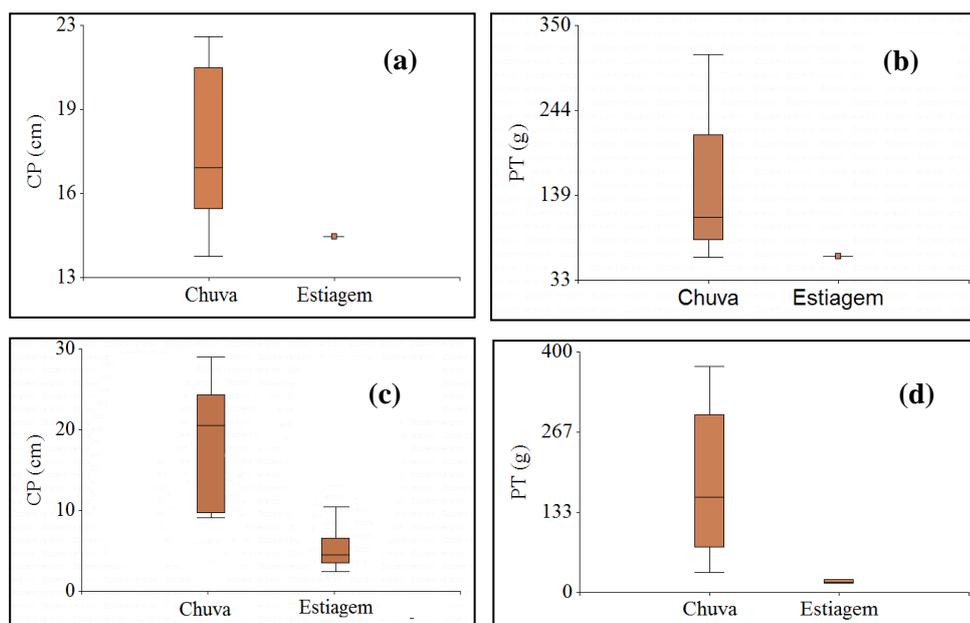


Figura 11. Médias de comprimentos e pesos totais dos indivíduos de ambos os sexos de *R. quelen* amostrados nas áreas a montante (a, b) e a jusante do reservatório (c,d), durante as estações de chuva e estiagem de 2010 a 2011

3.4.1. Estrutura em comprimento

Os resultados da estrutura em comprimento de *R. quelen* a montante do reservatório apresentados na Figura 12, mostra a distribuição dos comprimentos em 5 intervalos de classe, sendo o primeiro, representado por indivíduos machos e imaturos com comprimentos no intervalo de 3 a 10 cm, coletados nos pontos P2 e P3.

No segundo intervalo, os exemplares capturados no ponto P4, foram representados por machos e fêmeas na fase juvenil e adulta, sendo a maioria com comprimentos nos intervalos de classe de 10 a 15 cm, e apenas fêmeas adultas na faixa de comprimento de 20 a 25 cm, e uma minoria na fase adulta de machos com comprimento de 25 a 30 cm, para todo o período analisado.

A jusante do reservatório, os comprimentos dos indivíduos da espécie em estudo foram representados em quatro intervalos de classe, sendo a maioria de machos nas classes de comprimento de 19 a 22 cm e fêmeas, na classe de tamanho de 16 a 19 cm de comprimento nos períodos analisados (Fig. 12).

Resultados semelhantes ao presente estudo foram encontrados por Gomiero et. al., (2007), para *R. quelen* nos Rios Paraibuna e Grande, da Bacia do Rio Paraíba do Sul/SP, que registraram indivíduos de tamanhos similares para machos e fêmeas, com comprimentos entre 21 e 22,9 cm.

Por outro lado, os resultados obtidos não corroboram com Narahara et al., (1985), para outra espécie do mesmo gênero *Rhamdia* (*R. hilarii*) do Rio Jaguari/SP, que revelaram machos de tamanhos menores que fêmeas, com comprimentos entre 9 a 33 cm e 10 a 36,5 cm, respectivamente.

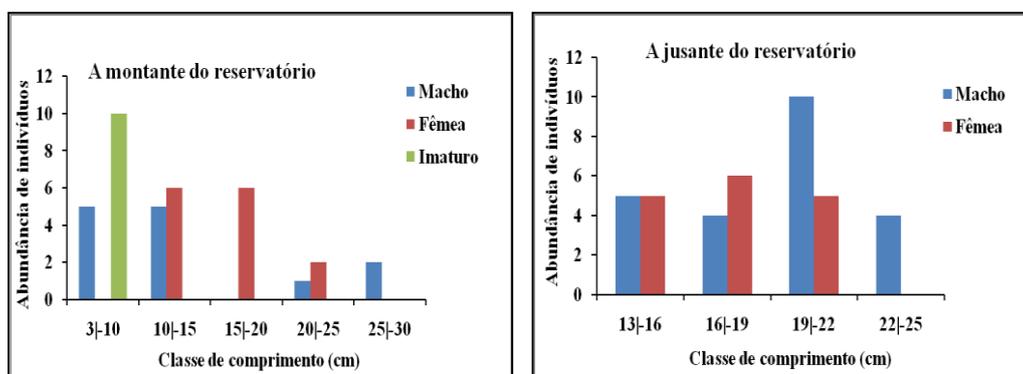


Figura 12. Classe de comprimento de indivíduos analisados de *R. quelen* de ambos os sexos amostrados a montante e a jusante do reservatório durante os períodos analisados.

3.4.2. Relação peso-comprimento

A relação peso-comprimento de *R. quelen* nas áreas de estudo, a montante e a jusante do reservatório, mostraram diferenças quanto ao tipo de crescimento para a referida espécie nas áreas estudadas. Os indivíduos capturados a montante (pontos P3 e P4) mostraram um crescimento do tipo alométrico negativo ($b = 2,306$), com incremento maior em comprimento, enquanto os indivíduos a jusante do reservatório (Pontos P8 e P10), apresentaram um crescimento do tipo alométrico positivo ($b = 3,593$), com maior incremento em peso total (Fig. 13 b). Isso pode significar que a montante tem maior esforço reprodutivo que a jusante, em que os indivíduos investem menos em armazenagem de energia para a reprodução.

Essa diferença entre os tipos crescimento nas áreas analisadas refletem um possível recrutamento constante na estrutura populacional da espécie na área a montante do reservatório do Rio Gramame.

Já a jusante do reservatório, a relação peso-comprimento demonstra um maior envolvimento da espécie com o período reprodutivo naquela porção do rio, porque quando as fêmeas atingem estágio de desenvolvimento gonadal mais avançado, apresentam gônadas mais pesadas que os machos no mesmo estágio (NARAHARA et al., 1985).

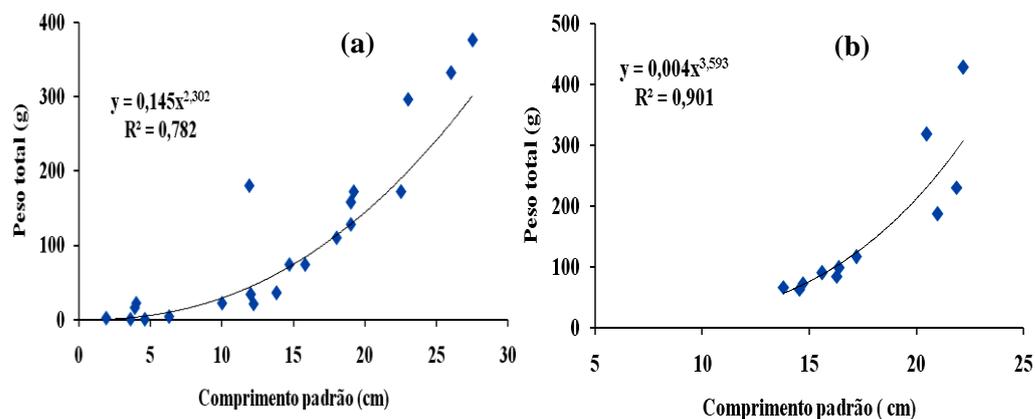


Figura 13. Relação peso-comprimento de *R. quelen* a montante (a) e a jusante do reservatório (b) nas estações de chuva e estiagem em todo o período analisado.

Os resultados obtidos para a espécie estudada corroboram em parte com os dados registrados por Narahara et al., (1985), para outra espécie do mesmo gênero (*R. hilarii*), que estabeleceram um crescimento do tipo alométrico positivo para ambos os sexos ($b =$

3,250, $b = 3,200$, respectivamente) revelando um maior incremento em peso do que em comprimento total.

Por outro lado, os resultados obtidos não corroboram com os revelados por Gurgel (1979) para outra espécie do mesmo gênero (*R. braneri*) que registrou o crescimento do tipo isométrico ($b = 2,970$ e $b = 2,940$) com incremento em partes iguais no corpo do animal para ambos os sexos.

Estas diferenças na estrutura de crescimento pode ser um indicador das condições ambientais, visto que pelo apresentado a espécie pode apresentar os três tipos de crescimento.

3.4.3. Fator de condição

Como o fator de condição mede o bem estar da espécie no ambiente, o que se observou foram valores médios muito inferiores para *R. quelen* entre as áreas de estudo e os sexos dos indivíduos nos períodos analisado.

A montante do reservatório os valores médios do fator de condição diferiram entre os pontos de amostragem e as estações do ano. Isso mostra que há porções a montante que são mais apropriadas a esta espécie que outras.

Nos pontos P2 e P3 apresentaram os maiores valores médios do fator de condição para indivíduos machos registrados nos períodos de estiagem de 2010 e 2011 ($K = 0,140$ e $K = 0,920$), bem como, no período de chuva de 2010 e 2011 nos pontos P3 e P4 para fêmeas de $K = 0,350$, $K = 0,280$, respectivamente. E entre os machos estimados foi apenas no período de chuva de 2011, representado pelo valor médio de $K = 0,200$. Para esta espécie, o ano de 2011, mais chuvoso também se refletiu em melhor bem estar.

A jusante do reservatório, nos pontos P8 e P10, os indivíduos machos apresentaram os maiores valores do fator de condição para a espécie analisada no período de chuva de 2010 sendo representados pelo valor médio de $K = 0,320$. Já, nos períodos de estiagem e chuva de 2011, os machos registraram valores médios inferiores ($K = 0,170$, $K = 0,260$, respectivamente), enquanto para as fêmeas, foi estimado o fator de condição apenas durante o período de chuva de 2010 e 2011 que apresentaram valores médios similares de $K = 0,210$, $K = 0,200$.

Os resultados obtidos para a espécie estudada não corroboram com os dados revelados por Narahara et al., (1985) para outra espécie do gênero *Rhamdia* (*R. hillarii*) no Rio Jaguari/SP, durante o período chuvoso, que apresentaram valores do fator de

condição com variações muito maiores, sendo apresentados para os machos valores mais elevados que para as fêmeas ($K = 4,0$ a $4,01$; $K = 3,54$ a $3,95$, respectivamente), revelando diferença significativa entre os sexos. Os valores muito superiores dessa espécie congênica, revelam que a espécie estudada poderia apresentar um melhor fator de condição, se estivesse em um rio livre de poluição industrial e dos insumos do plantio de cana-de-açúcar.

A análise estatística com a aplicação da ANOVA para comparação entre as médias dos fatores de condição para a espécie estudada a montante do reservatório não revelou diferença significativa entre os sexos ($F = 0,05$; $p = 0,818$), no entanto, quanto às estações do ano, as médias do fator de condição diferiram significativamente ($F = 17,37$; $p = 0,0003$).

Da mesma forma, a jusante do reservatório, as médias do fator de condição não diferiram quanto aos sexos ($F = 2,64$; $p = 0,1024$) mas, em relação à sazonalidade da região, a qual diferiu significativamente ($F = 4,72$; $p = 0,0451$).

Conclui-se com os resultados obtidos, que a espécie *R. quelen* na área a montante apresentou uma estrutura de crescimento com uma grande representação de indivíduos imaturos na classe de comprimento de 3 a 10 cm e a grande maioria de machos e fêmeas jovens na partir da classe 10 a 15cm de comprimento, apresentando crescimento do tipo alométrico negativo na área a montante e alométrico positivo a jusante do reservatório com fator de condição apresentando diferença significativa entre as estações do ano nas regiões analisadas, sendo a espécie favorecida nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011.

3.5. Estrutura de crescimento de *Prochilodus brevis*

A espécie *P. brevis* só foi encontrada a jusante do reservatório, mais especificamente nos pontos P8, P9 e P10, durante os períodos de chuva e estiagem. Foram analisados 130 indivíduos, sendo 27 de sexo não identificado (imaturos), que demonstraram renovação dos estoques durante o período de estiagem na região.

Os resultados de comprimentos e pesos totais médios de *P. brevis* no período analisado mostraram uma diferença no tamanho dos indivíduos, representada por espécimes na fase de alevinagem, juvenis e adultos em machos e fêmeas, entre as estações do ano, de modo que as médias de comprimento e peso totais foram maiores entre as fêmeas do que entre os machos, durante o período chuvoso, variando entre 18,3 cm e 11,8 cm e 205,3 g e 86,5 g, respectivamente (Fig. 14 a, b).

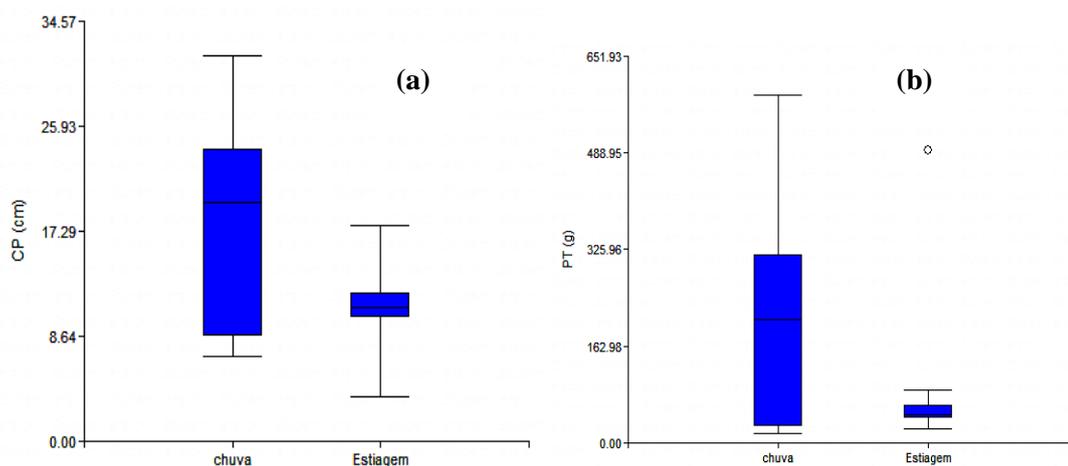


Figura 14. Médias de comprimentos (a) e pesos totais (b) de ambos os sexos de *P. brevis* coletados nos períodos de chuva e estiagem a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante o período analisado

3.5.1. Estrutura em comprimento

A estrutura em comprimento da espécie *P. brevis*, foi representada por quatro intervalos de classe, sendo o primeiro intervalo representado por indivíduos na fase de alevinagem, que apresentaram comprimentos entre 3 a 10 cm, sendo a grande maioria representada por indivíduos machos.

Essa frequência elevada de indivíduos nas menores classes de comprimento pode denotar altos níveis de recrutamento e proporções entre sexos diferentes, que são decorrentes do estado de adaptação da espécie ao suprimento alimentar e estados nutricionais diferenciados no ambiente (BENEDITO, 1989).

Entre os indivíduos adultos, as fêmeas foram maioria na classe de 20 a 30 e 30 a 40 cm, e os machos registraram tamanhos menores que as fêmeas, sendo a maioria representada na classe de 3 a 10 e 10 a 20 cm de comprimento (Fig. 15).

Os resultados obtidos corroboram com Soares et al., (1998), por constatarem para a mesma espécie no Rio Gramame/PB, uma população representada por indivíduos jovens e adultos, sendo os machos menores que as fêmeas, com comprimentos entre 15 e 20 cm, respectivamente.

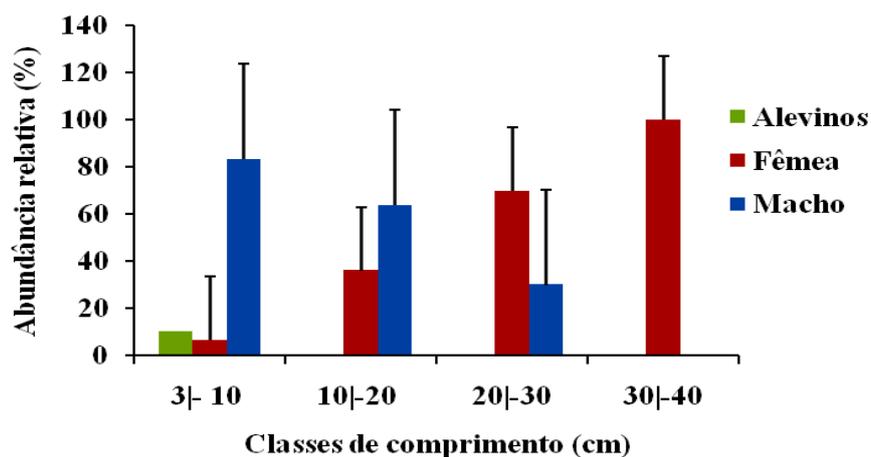


Figura 15. Classes de comprimentos de *P. brevis* coletados capturados nos períodos de chuva e estiagem, a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante o período de 2010 e 2011

3.5.2. Relação peso-comprimento

A relação peso-comprimento estabelecida para os indivíduos analisados de *P. brevis* a jusante do reservatório, apresentou crescimento similar entre os sexos e as duas estações do ano.

Os resultados obtidos levaram ao tipo crescimento alométrico negativo em fêmeas e machos, representados pelos coeficientes angulares $b=2,217$, $b=2,378$, respectivamente, sendo demonstrado um maior incremento em comprimento que em peso total, durante todo o período analisado (Fig. 16 a,b).

Resultados semelhantes foram registrados por Ramos et al., (2010), para outra espécie do gênero *Prochilodus* (*P. lineatus*) do Rio Mogi-Guaçu/SP, que apresentaram um crescimento do tipo de alométrico negativo ($b=2,538$) em ambos os sexos. Esse mesmo perfil de crescimento também foi observado nas espécies, *Prochilodus scrofa* (VIEIRA, 1984), *P. nigricans* (BRAGA, 1990) e em *P. cearensis* (ARAUJO et al., 2003).

Os resultados obtidos não corroboram com os dados registrados por Soares et. al (1998), para a mesma espécie estudada no Rio Gramame, por estimarem um crescimento do tipo isométrico, tanto para indivíduos machos quanto para fêmeas, representados pelos coeficientes $b = 2,970$ e $b = 2,950$, respectivamente, evidenciando no crescimento um incremento tanto em peso quanto em comprimento na espécie analisada. Barbieri et al., (2000), em indivíduos adultos de ambos os sexos de outra espécie do mesmo gênero (*P. linetus*), no Rio Mogi Guaçu, Pirassununga/SP, estimaram o crescimento do tipo

isométrico ($b = 3$) para a espécie, que proporcionou um incremento tanto em peso quanto em comprimento.

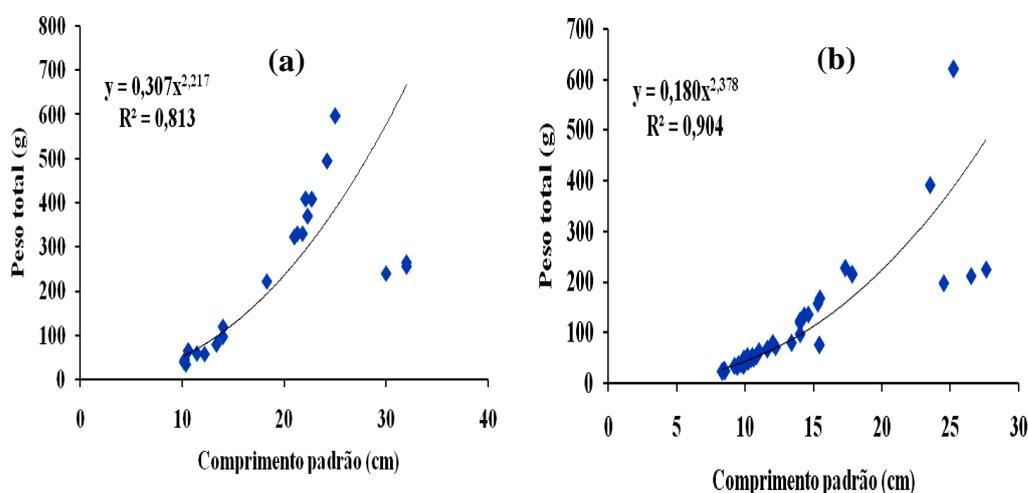


Figura 16. Relação peso-comprimento para fêmeas (a) e machos (b) de *P. brevis* coletados a jusante do reservatório do Rio Gramame, bacia do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011

3.5.3. Fator de condição

O fator de condição para a espécie *P. brevis* apresentou variações entre os sexos e entre os pontos de amostragem na área estudada.

No ponto P8, machos e fêmeas apresentaram um aumento gradual do fator de condição no período de chuva (meses de maio a julho) com valores médios de $K = 0,130$ e $K = 0,320$, respectivamente, e durante a estiagem (meses de setembro a novembro) o fator de condição apresentou valores médios de $K = 0,200$ e $K = 0,430$, respectivamente (Fig. 17).

Os valores mais baixos ocorreram no período de chuva, e podem estar relacionado com o período reprodutivo da espécie, que foi nesse período que foram encontradas gônadas maduras prestes a desovar com grandes massas de gordura, contribuindo para uma diminuição na alimentação da espécie e a metabolização dessa gordura depositada.

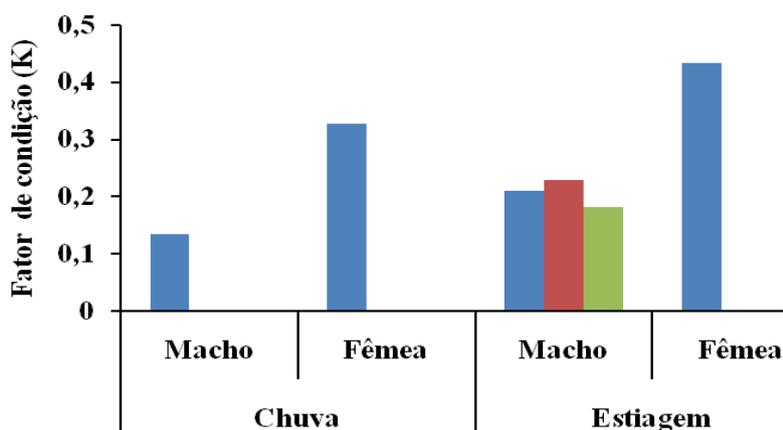


Figura 17. Fator de condição da espécie *P. brevis* entre os pontos de coleta a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

Resultados semelhantes foram registrados por Soares et al., (1998), para a mesma espécie no Rio Gramame, sugerindo que a desova da espécie ocorre no período chuvoso nos meses de maio e junho, o que foi também verificado para a espécie analisada no presente estudo.

Estes dados foram diferentes dos registrados por Ramos et al., (2010), que verificaram um aumento gradual no fator de condição durante o período reprodutivo da espécie *P. lineatus*, sendo os maiores valores registrados durante a estiagem, correspondendo com o pico da desova da espécie.

Nos pontos P9 e P10, como não houve representação de fêmeas, o fator de condição foi apresentado apenas para os machos, durante o período de estiagem de 2010 e 2011, que registraram valores médios de $K = 0,230$ e $K = 0,180$, respectivamente.

A análise estatística a partir da ANOVA constatou que os valores médios do fator de condição da espécie analisada, mostraram diferença significativa entre os sexos ($F = 2,95$, $p = 0,055$), mas, não houve diferença entre as estações do ano ($F = 1,16$, $p = 0,283$).

Diante dos resultados obtidos, conclui-se que, a estrutura de crescimento da espécie *P. brevis* revelou diferenças nos tamanhos entre machos e fêmeas na fase adulta nas duas estações do ano, que revelaram um crescimento do tipo alométrico negativo ($b < 3$) expressando um fator de condição com diferença significativa entre os sexos, sendo maior nas fêmeas.

3.6. Estrutura de crescimento de *Centropomus undecimalis*

A espécie *C. undecimalis* só foi encontrada a jusante do reservatório, mais especificamente nos pontos P8, P9 e P10, sendo analisado um total de 26 indivíduos, na maioria na fase juvenil, contemplando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011, com a maioria representada por machos, exibindo comprimentos, mínimo e máximo, entre 15 e 17,5 cm, e pesos totais, de 64 a 104 g, e médias de 16,5cm e 86 g. Já as fêmeas apresentaram comprimentos e pesos totais menores que os machos, variando entre 11,7 a 17,4 cm, e 36 a 96 g, com médias de 14,2 cm e 64 g, respectivamente, durante o período chuvoso.

No período de estiagem, também os machos foram maioria, no entanto, apresentaram comprimentos e pesos totais menores que as fêmeas, com médias de 14,3 cm e 74,8 g. Enquanto, as fêmeas, apresentaram comprimentos e pesos totais médios de 24 cm, e 128,2 g, respectivamente (Fig. 18 a, b).

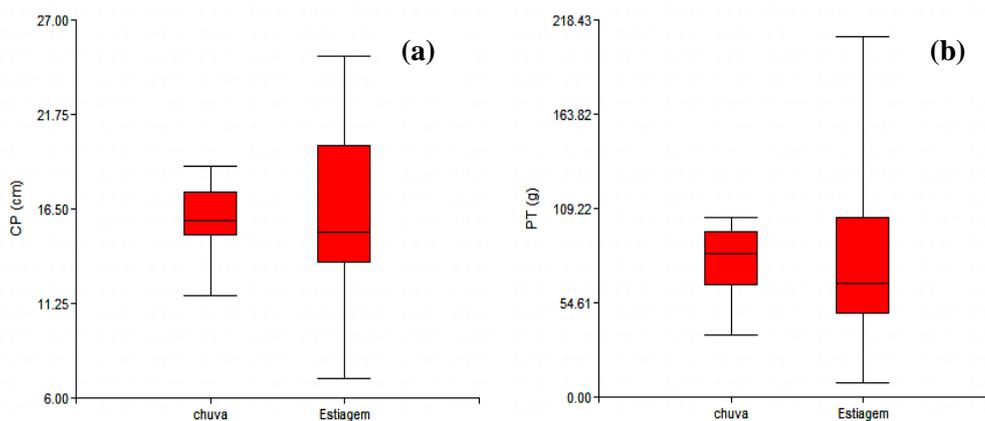


Figura 18. Médias de comprimentos (a) e pesos totais (b) de *C. undecimalis* capturados à jusante do reservatório do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

Resultados diferentes ao presente estudo foram constatados por Tonini et al., (2007), estudando outra espécie do gênero *Centropomus* (*C. paralelus*) da Lagoa Encantada, Ilhéus/BA, com registros de indivíduos apresentando comprimentos maiores, que variaram entre 13 e 35,9 cm, e peso total médio de 188,6 g. Isso talvez indique que os indivíduos desta espécie no Rio Gramame sofrem maior pressão ambiental, seja por estresse na qualidade da água, seja por maior pressão pela pesca ou predação.

3.6.1. Estrutura em comprimento

A distribuição da abundância de indivíduos em classes de comprimentos apresentou diferença entre os sexos, com elevada quantidade de jovens na população, com comprimentos variando entre 7 a 19 cm, predominando indivíduos machos na classe de 15 a 19 cm e fêmeas na de 11 a 15 cm (Fig. 19).

Resultados semelhantes foram apresentados por Nascimento et al., (2010) para a mesma espécie, no estuário do Rio Potengi/RN, em 100% da captura representada por machos com um maiores comprimentos que a do presente estudo, com o máximo de 36 cm, com predomínio na classe de 15 a 24 cm. Assim como Mendonça (2004), também registrou indivíduos adultos da mesma espécie, na Salina de Diamante Branco, Galinhos/RN, que apresentaram comprimentos muito maiores, variando entre 23 a 107 cm.

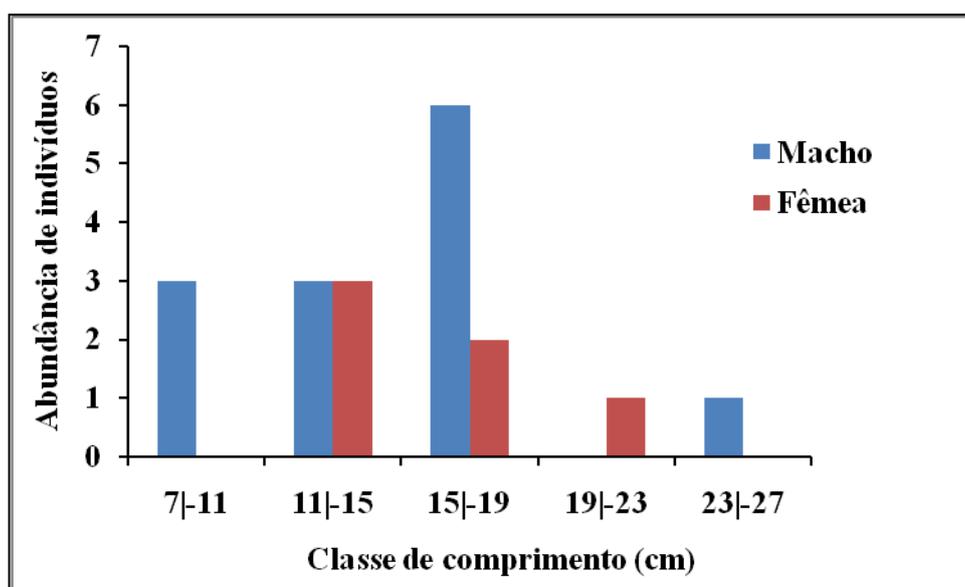


Figura 19. Classes de comprimento de *C. undecimalis* capturados a jusante do reservatório do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

3.6.2. Relação peso-comprimento

Os resultados obtidos da relação peso-comprimento para ambos os sexos de *C. undecimalis* (Fig. 20 a) mostrou um crescimento do tipo alométrico negativo ($b = 2,465$) nos períodos analisados (chuva e estiagem), proporcionando um maior incremento em comprimento do que em peso corporal durante o período analisado (Fig. 20 a). O coeficiente b calculado apresentou valor relativamente baixo, seja entre os machos ou entre as fêmeas no período chuvoso, possivelmente devido ao período reprodutivo da

espécie ou uma baixa disponibilidade de alimentos na área estudada devido ao *stress* provocado pela poluição ambiental oriunda de efluentes industriais introduzidos próximo ao ponto P8.

Resultados diferentes de crescimento para a mesma espécie no presente estudo foram revelados por Mendonça (2004), através da relação peso-comprimento que estimou um crescimento do tipo alométrico positivo para machos ($b=3,173$) e fêmeas ($b=3,294$), com ambos os sexos apresentando maior incremento em peso total do que em comprimento na salina Diamante Branco, Galinhos, RN. Resultados obtidos por Nascimento et al., (2010) demonstraram um crescimento do tipo isométrico ($b = 2,998$), com incremento tanto em peso quanto em comprimento da mesma espécie no estuário do Rio Potengi/RN.

3.6.3. Fator de condição (K)

O fator de condição foi estabelecido para indivíduos machos e fêmeas da espécie *C. undecimalis* a jusante do reservatório. No ponto P8 o fator de condição da espécie apresentou valores médios semelhantes para machos e fêmeas nos períodos de chuva ($K = 0,086$ e $K = 0,089$, respectivamente) e na estiagem ($K = 0,080$ para indivíduos machos). Já no ponto P7, o fator de condição foi estimado para machos e fêmeas apenas durante a estiagem apresentando valores médios de $K = 0,099$ e $K = 0,048$, respectivamente, que pode ser devido à redução do volume de água no Rio Gramame, que leva a uma diminuição na disponibilidade de alimentos no ambiente (Fig. 20 b).

Os dados apresentados por Mendonça (2004) revelaram um valor médio menor do fator de condição para machos e fêmeas de $K = 0,0712$ caracterizando um crescimento lento para a espécie *C. undecimalis* na salina Diamante Branco, Galinhos, RN.

A análise estatística para comparações entre os valores médios do fator de condição da espécie *C. undecimalis* mostraram que não houve diferença significativa entre os sexos ($F = 1,52$, $p = 0,24$), e nem entre as estações do ano ($F = 0,79$, $p = 0,38$).

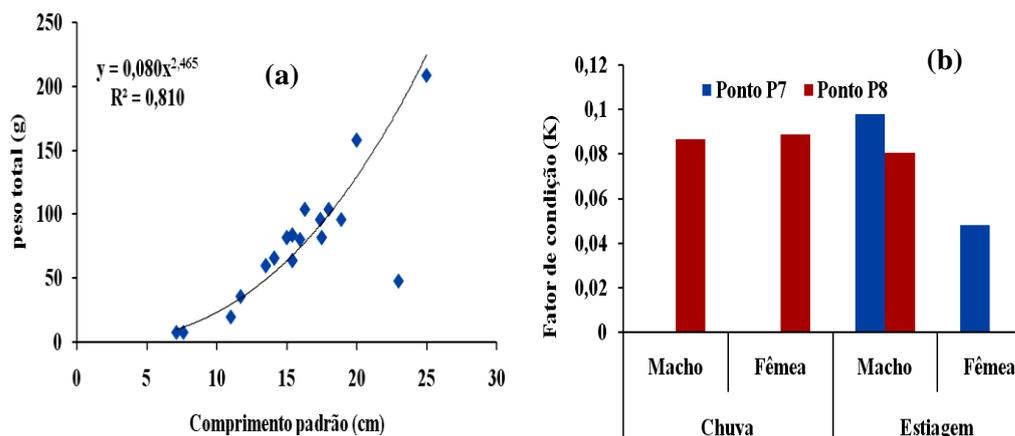


Figura 20. Relação peso-comprimento (a) e fator de condição (b) para ambos os sexos de *C. undecimalis* coletados a jusante do reservatório do Rio Gramame, bacia do Rio Gramame, PB, no período de 2010 a 2011

3.7. Estrutura de crescimento de *Eugerres brasilianus*

A espécie *E. brasilianus* só foi encontrada a jusante do reservatório, mais especificamente nos pontos P8, P9 e P10, pois esta espécie é estuarina e esses pontos se situam mais próximos do estuário. Nesses locais a espécie foi mais abundante. Essa espécie sobe os rios á procura de alimentos nas marés altas até onde possa suportar a diluição do nível de sais na água.

Para determinar a estrutura de crescimento da espécie analisada, foram analisados 35 espécimes de *E. brasilianus* sendo na sua maioria representados por indivíduos na fase juvenil, com indivíduos machos de porte menor do que as fêmeas, apresentando comprimentos e pesos totais médios de 11,3 cm e 57,8 g e 13,1 cm e 95 g, respectivamente, durante o período chuvoso. Durante a estiagem igualmente o período anterior, os machos também apresentaram comprimentos e pesos totais inferiores aos das fêmeas, variando em média de 12,5 cm e 92 g e de 14,8 cm e 115 g, respectivamente (Fig. 21).

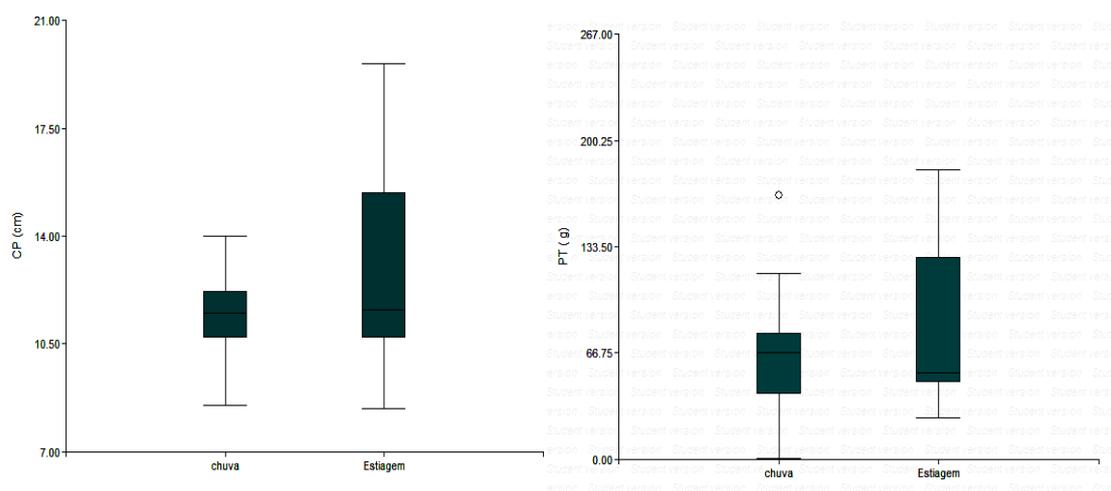


Figura 21. Médias de comprimentos e pesos totais da espécie *E. brasiliensis* capturados a jusante do reservatório do Rio Gramame, PB, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

3.7.1. Estrutura em comprimento

As carapebas (*E. brasiliensis*) apresentaram comprimentos distribuídos em três intervalos de classe, com indicação de diferenças entre os sexos. Os indivíduos machos, em sua maioria apresentaram comprimentos menores do que as fêmeas nos períodos analisados, sendo a maior incidência na classe de 8 a 12 cm para indivíduos machos e de 12 a 16 cm de comprimento para as fêmeas (Fig. 22).

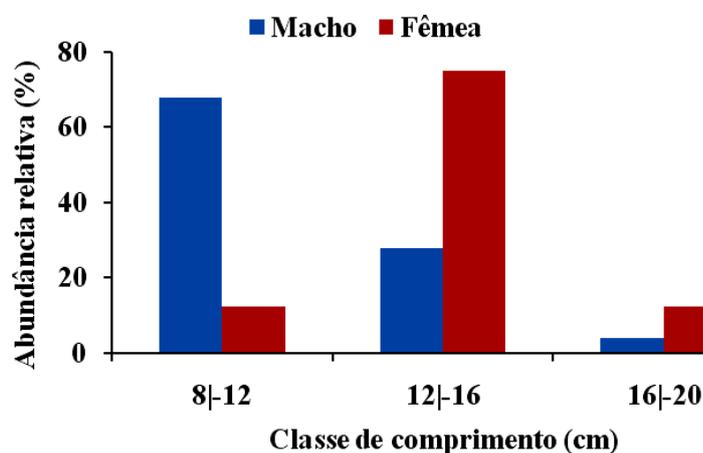


Figura 22. Classe de comprimento de *E. brasiliensis* capturados a jusante do reservatório do Rio Gramame, PB, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

Indivíduos de tamanhos maiores de *E. brasiliensis* foram constatados por Hostim-Silva et al., (2002), no Rio Itajaí, Santa Catarina, com comprimento de 15,5 cm. Assim como, os resultados registrados por Guimarães Junior (2004) para a mesma espécie na Barra de Lagoa do Açú, Campos dos Goytacazes/RJ, verificaram espécimes de tamanhos maiores

do que a espécie analisada no presente estudo, com uma maior incidência de indivíduos na classe de tamanho de 15 a 16,9 cm de comprimento total. Os menores comprimentos nas populações deste trabalho, comparando com outras espécies de outras regiões do país, pode ser um reflexo do *stress* ambiental causado pela poluição pela presença do distrito industrial e o plantio de cana-de-açúcar.

3.7.2. Relação peso-comprimento

A relação peso-comprimento estabelecida no período de chuva para ambos os sexos apresentou um crescimento do tipo isométrico ($b = 3,046$) (Fig. 23 a), indicando haver um incremento em peso e em comprimento em partes iguais nos indivíduos. Já no período de estiagem, a relação peso-comprimento estimada revelou um crescimento do tipo alométrico negativo ($b = 2,405$), para ambos os sexos, demonstrando um desenvolvimento maior em comprimento do que em peso total no corpo dos indivíduos da espécie analisada (Fig. 23 b), o que á semelhança das espécies anteriores pode ser o reflexo do período reprodutivo ocorrer no período chuvoso.

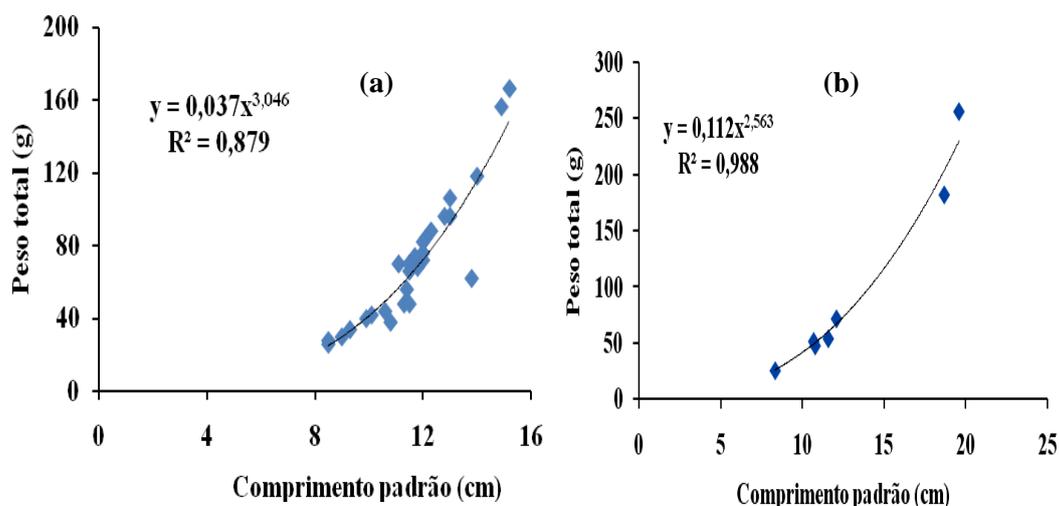


Figura 23. Relação peso-comprimento para a espécie *E. brasilianus* capturados nos pontos de amostragem a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

3.7.3. Fator de condição (K)

Os valores médios do fator de condição estabelecidos para machos e fêmeas no ponto P8 durante o período de chuva, foram menores ($K = 0,038$ e $K = 0,037$) do que no período de estiagem ($K = 0,110$) para exemplares machos e fêmeas (Fig. 24). No ponto P9, o fator de condição estimado para as fêmeas foi inferior

($K = 0,100$) aos de indivíduos machos ($K = 0,130$) no mesmo período nos pontos P8 e P10.

Segundo Mendonça (2004), o crescimento dos peixes não apresenta uma uniformidade, tem caráter cíclico em toda a sua vida, podendo ser acelerado a lento ou ausente em determinadas épocas do ano, sendo determinados pelo aumento da temperatura da água, podendo leva a redução do oxigênio dissolvido e aumento da acidez no ecossistema aquático.

Concluí-se que, com os resultados obtidos, a espécie *E. brasiliianus* apresentou um melhor fator de condição para as fêmeas no ponto P9 durante a estiagem, enquanto os machos apresentaram melhor fator de condição também durante a estiagem nos pontos P8 e P10, esse ponto de coleta encontrou-se mais próximo da foz do Rio Gramame.

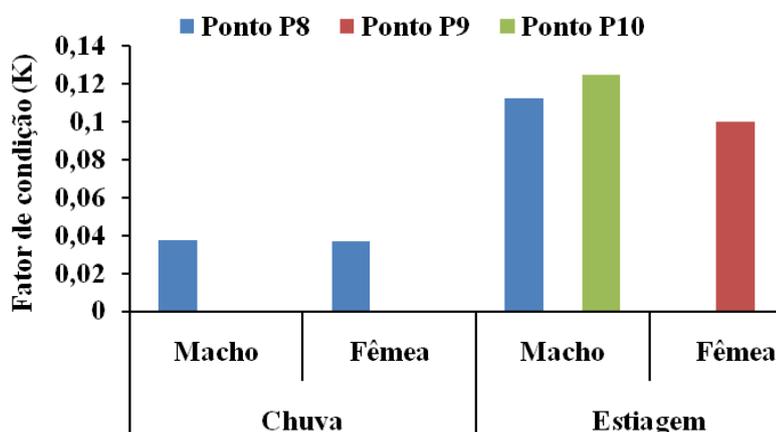


Figura 24. Fator de condição da espécie *E. brasiliianus* capturados nos pontos de amostragem a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

4. CONCLUSAO

Conclui-se que, os indivíduos das espécies analisadas apresentaram estrutura populacional formada por uma elevada quantidade de indivíduos jovens, com exceção de *C. undecimalis* e *P. brevis*, que foram representadas por maior abundância de fêmeas adultas e *R. quelen* que a montante, a maior parte da população foram fêmeas adultas e a jusante foram machos adultos.

A maior parte das espécies apresentou um crescimento do tipo alométrico negativo, mostrando haver um maior incremento em comprimento do que peso corporal.

Verificou-se para a maioria das espécies que os indivíduos apresentavam melhor fator de condição durante o período chuvoso, com exceção para as espécies *Cichla*

ocellaris, *Rhamdia quelen* e *E. brasiliensis*, que apresentaram maiores fatores de condição no período de estiagem.

Constatou-se também que espécies de hábitos carnívoros, como *C. ocellaris*, *C. undecimalis* e *H. malabaricus* apresentaram os menores valores do fator de condição.

CAPITULO III
ANALISE DO CONTEUDO ESTOMACAL DA ICTIOFAUNA DO
RIO GRAMAME

1. INTRODUÇÃO

Os peixes diante de sua grande abundância e diversidade de espécies têm importante função na cadeia alimentar dos ecossistemas aquáticos, sendo considerado um importante indicador biológico na estrutura trófica desses ambientes.

Estudos sobre a alimentação de uma espécie é o caminho para o entendimento de vários aspectos da sua biologia como, reprodução, crescimento e adaptação com o intuito de compreender a forma da sua utilização e o compartilhamento dos recursos naturais no ambiente, levando ao esclarecimento da estrutura trófica entre os organismos (SILVA, et al., 2012).

A estrutura trófica indica a direção do fluxo de energia, mostrando as relações ecológicas entre os organismos (produtor-consumidor e predador-presa) para um melhor conhecimento da dinâmica da comunidade, como forma de propor sugestões para uma melhor administração dos recursos pesqueiros (ARENAS-GRANADOS e ACERO, 1992).

Segundo Ferreira (2004), os estudos sobre ecologia trófica de peixes no Brasil são realizados com espécies de grande porte e de interesse comercial, em rios e lagos, como também, em avaliações de impactos ambientais gerados por construções de hidrelétricas.

Os impactos ambientais gerados pelas hidrelétricas levam a alterações no aporte de matéria orgânica na área a jusante do sistema gerado pela regulação do fluxo de água no rio e da retenção de nutrientes no reservatório (AGOSTINHO et al., 2009), de forma que provoca a redução, a variabilidade e a abundância dos recursos alimentares no ambiente (AGOSTINHO et al., 2008).

A literatura é extensa com enfoque nas variações ocorridas na dieta em função da ontogenia e das modificações espaciais e sazonais em lagos, riachos e rios em diversos países (HAHN e FUNGI., 1997).

No Sul e Sudeste do Brasil, estudos dessa natureza são mais evidentes em rios, riachos e represas do que em outras regiões, como o de Hahn e Fungi (1997), no reservatório de Segredo/PR; Gomiero e Braga (2003), no reservatório de Volta Redonda/MG/SP; Fugi et al., (2005), em bacias hidrográficas/Paraná; Ferreira (2004), em córregos da bacia do Rio Passacinco/SP; Abelha et al., (2005), no reservatório Capivara/PR; Ferreira e Cassati (2006) em riachos/SP; Freitas e Abilhoa (2011), na baía de Ubatuba-Enseada/SC; Bennemann et al., (2011), em trechos do reservatório Capivara/PR; Gandini et al., (2012), a jusante da usina hidrelétrica de Itutinga/MG.

No entanto, no Nordeste brasileiro, poucos são os trabalhos que retratam a alimentação de peixes, como Silva et al., 2012 na lagoa do Piató, Assu/RN, Montenegro (2009) no açude Marechal Dutra/RN, Montenegro et al., (2006, 2010, 2011), no Rio Taperoá/PB; Torelli et al., (2003, 2004), Chaves et al., (2009), no açude da bacia do Rio Taperoá/PB; Gurgel et al., (2005), no Rio Ceará Mirim/RN; Trindade (2008), na bacia do Rio Cachoeira/BA.

Entretanto, estudos dessa natureza já foram realizados na bacia do Rio Gramame com registros em Soares et al., (1998), Pedro e Watanabe (2009), Torelli et al., (2009), entre outros.

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo, determinar a composição da dieta alimentar de espécies ícticas encontradas nas áreas a montante e jusante do reservatório do Rio Gramame, visando ampliar o conhecimento das relações tróficas entre as espécies e a influência da sazonalidade na região.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local e período do estudo

Os espécimes foram coletados em 10 pontos de amostragem, sendo cinco a montante e cinco a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos turnos diurno e noturno, contemplando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011 (Fig. 2, 3, e 4, descritas na área de estudo).

2.2. Análise do conteúdo estomacal

As análises do conteúdo estomacal foram realizadas a partir de observações macro e microscópicas em 20% de estômagos analisados das espécies selecionadas, através de um estereomicroscópio ZEISS e um microscópio binocular com capacidade de aumento de até 1000x, com identificação do nível taxonômico mais inferior possível, fazendo uso da literatura especializada, e chaves taxonômicas para diversos grupos como microalgas, zooplâncton, insetos, moluscos e crustaceos (EDMONSON, 1959; BICUDO e BICUDO 1970; HINO e TUNDISI 1977; NEEDHAM e NEEDHAM 1978; MENEZES e DIAS, 2001; BICUDO e MENEZES 2006).

Para a caracterização da dieta das espécies aplicou-se o método de frequência de ocorrência (ZAVALA-CAMIN, 1996), que corresponde ao percentual de ocorrência de

cada item alimentar, em relação ao somatório do número total de ocorrências de cada um dos itens.

As espécies com mais de três indivíduos analisados foram separadas em categorias tróficas, segundo as suas preferências alimentares. Para verificar se as categorias tróficas diferiam significativamente entre as áreas de estudo (a montante e a jusante do reservatório) como também, em relação à sazonalidade da região, aplicou-se o teste do qui-quadrado (χ^2), que foi determinado através do software *BioEstat 5.0*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As atividades antrópicas nos ambientes naturais, como é o caso dos barramentos dos rios, podem promover mudanças na estrutura e composição das espécies (AGOSTINHO et al., 2009), situações semelhantes são registradas nas áreas de estudo do presente trabalho (a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame), que devido à baixa biodiversidade local, a disponibilidade de alimentos é insuficiente, ocasionando uma variação na preferência alimentar das espécies analisadas.

3.1. Análises dos conteúdos alimentares das espécies analisadas

Foram feitas as análises dos conteúdos alimentares das espécies, *Prochilodus brevis*, *Hypostomus pusarum*, *Metynnis lippincottianus*, *Rhamdia quelen*, *Cichla ocellaris*, *Hoplias malabaricus*, *Centropomus undecimalis* e *Synbranchus marmoratus*, em um total de 452 indivíduos, a montante e a jusante do reservatório, durante os períodos de chuva e estiagem, com identificação dos itens alimentares presentes na dieta das espécies, as quais apresentaram uma ampla adaptação trófica, levando a uma generalização na composição da dieta alimentar.

3.1.1. Espécie *Prochilodus brevis*

As análises dos conteúdos alimentares da espécie *P. brevis* foi realizado em um total de 52 indivíduos, sendo 37 durante a estação da estiagem e 15 no período chuvoso de 2010 e 2011, todos capturados a jusante do reservatório, os quais revelaram uma dieta com uma frequência de itens como detritos e vegetais superiores nos períodos de chuva e estiagem nas áreas estudadas (Fig. 1).

Durante o período chuvoso de 2010, nas análises microscópicas dos itens, observou-se a presença de microalgas, principalmente, do grupo das Bacillariophyceae, com um percentual de 23,5%, seguido de Clorophyceae com 15,7% do total de itens identificados.

Dentre os itens consumidos pela espécie, esses foram os mais frequentes na dieta dessa espécie nos pontos de amostragem, P8 e P9.

Durante a estiagem de 2010 e 2011, a dieta foi semelhante ao período de chuva, sendo representada por microalgas (Bacillariophyceae) e detritos, sendo estes os itens mais frequentes, apresentando um percentual de 33,7% e 30,4%, respectivamente.

Estudos similares foram desenvolvidos por Soares et al., (1998), com a mesma espécie no Rio Gramame, e constataram na dieta a presença maciça de microalgas, sobretudo de Bacillariophyceae e Cyanophyceae, bem como, outros materiais como, fragmentos de vegetais superiores e microscrustáceos (Ostracoda e Copepoda) que não foram considerados alimentos essenciais. Da mesma forma, Silva et al., (2010), revelaram resultados semelhantes para a dieta de *P. brevis* na região do Seridó/Borborema/RN, que constou de uma grande diversidade de microalgas, representadas pelos grupos de Chlorophyceae, Bacillariophyceae e Cyanophyceae.

Moraes et al., (1997), analisando o conteúdo alimentar de outra espécie do gênero *Prochilodus* (*P. lineatus*) na Lagoa Dourada, Ponta Grossa, PR, também detectaram uma dieta similar à da espécie em estudo, contendo grande quantidade de detritos, que representaram na composição alimentar um percentual de 33,88%, e também, microalgas, principalmente, do grupo das Bacillariophyceae, considerado o item preferencial na dieta da referida espécie.

Segundo, Moraes et al., (1997), a estrutura trófica dos peixes iliófagos e detritívoros tem maior complexidade do que em geral, a dos peixes ictiófagos, devido à presença da substâncias orgânicas do lodo, que resulta no acúmulo e transformação de materiais nutritivos provenientes de diversos organismos, representando tipos diferentes de níveis tróficos no ambiente aquático.

Diante dos resultados apresentados, a espécie *P. brevis* analisada no presente estudo, apresentou uma dieta basicamente constituída por itens de origem vegetal, que a caracterizou com comportamento alimentar herbívoro, com tendência a detritivoria em ambas as estações do ano da área estudada.

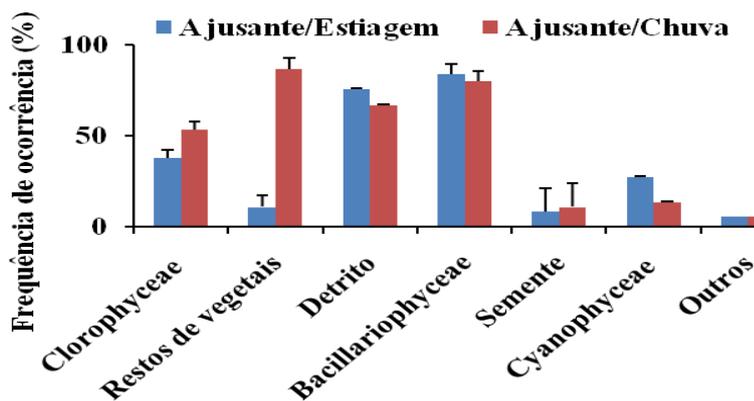


Figura 1. Frequência de ocorrência dos itens alimentares presentes na dieta de *P. brevis* a jusante do reservatório do Rio Gramame durante as estações do ano de 2010 e 2011

3.1.2. Espécie *Hypostomus pusalum*

Foram analisados o conteúdo alimentar de um total de 42 estômagos de indivíduos de *H. pusalum*, dos quais dez dos indivíduos coletados durante o período de estiagem e 15 durante o período chuvoso na área a montante do reservatório, enquanto que outros dez indivíduos foram coletados durante o período de chuva e sete durante a estiagem a jusante do reservatório do Rio Gramame.

A análise dos alimentos da espécie revelou composições similares entre as duas áreas de estudo e as estações do ano com algumas exceções (Fig. 2).

Na área a montante do reservatório durante o período chuvoso, a espécie mostrou na dieta uma preferência alimentar por detritos (61,5%) e microalgas, principalmente Bacillariophyceae (38,5%), e na área a jusante do reservatório, os itens mais frequentes foram também constituídos por detritos (41,2%) e microalgas, principalmente, Clorophyceae com um percentual de 29,4% nos estômagos analisados.

No período de estiagem a montante do reservatório, a espécie apresentou uma preferência alimentar por Cyanophyceae, com um percentual de 33,3%, seguido de detritos (33,3%), Clorophyceae e Bacillariophyceae, que juntos representaram percentuais de 16,7%, respectivamente.

A jusante, a espécie estudada revelou uma dieta com um espectro alimentar pouco diferenciado quantitativamente entre os itens identificados, mostrando uma preferência alimentar por itens como, microalgas, representados também pelo grupo da Cyanophyceae (31,9%), detritos, Clorophyceae e Bacillariophyceae, representando 22,7% cada, respectivamente, entre os estômagos analisados (Fig. 2).

Assim, conforme demonstrado pelos resultados acima, durante o período chuvoso para as duas áreas de estudo, a espécie *H. pusarum* revelou um comportamento alimentar detritívoro com tendência à herbívoros, enquanto que, no período de estiagem, a espécie revelou um comportamento herbívoro com tendência à detritivoria. Espécies que se alimentam de biofilme, não selecionam muito o alimento, ingerindo tudo o que cresce sobre os substratos presentes. A diferença observada na quantidade de algas e detritos tem a ver com a maior ou menor produção primária realizada pelas microalgas. Assim, no período de estiagem, em que tem mais luz e os nutrientes estão mais concentrados, as microalgas aumentam a sua produtividade, o que reflete na alimentação desta espécie.

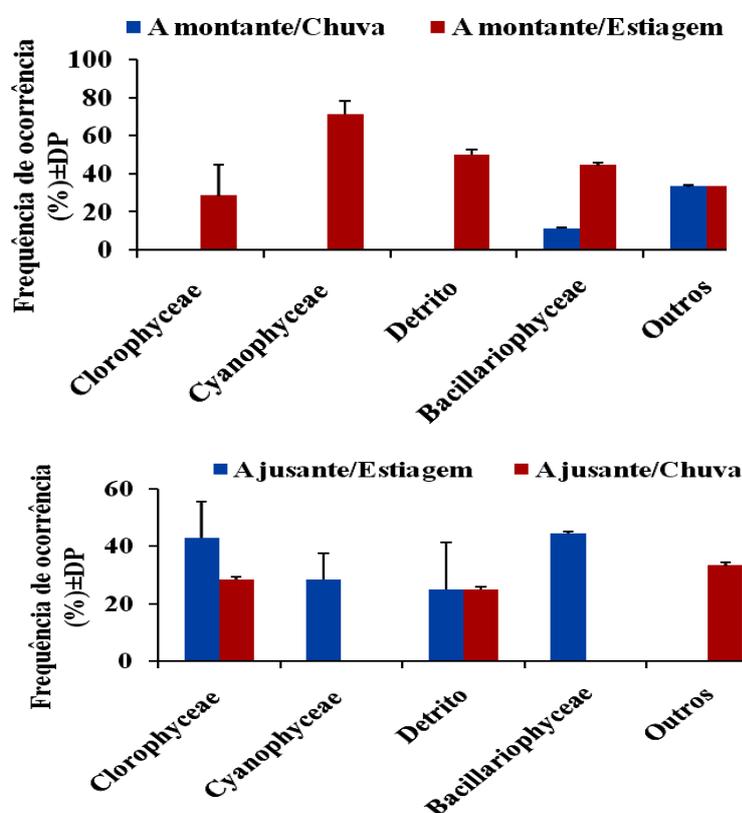


Figura 2. Frequência de ocorrência dos itens alimentares presentes na dieta de *H. pusarum*, coletados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

3.1.3. Espécie *Metynnis lippincottianus*

Foi analisado o conteúdo alimentar de um total de 60 indivíduos de *M. lippincottianus* coletados a montante do reservatório (a maioria do ponto P4), sendo 20 indivíduos durante o período de chuva e 40 no período de estiagem. A jusante do reservatório (a maioria dos indivíduos coletados no ponto P8), foram analisados um total de

55 espécimes, destas 25 no período de chuva, e 30 durante a estiagem, revelando uma dieta alimentar constituída de itens semelhantes entre as áreas de estudo e a sazonalidade da região.

A montante do reservatório, a espécie apresentou uma dieta composta de uma variedade de itens de origem vegetal e animal, diferenciando no percentual desses itens na composição da dieta, na área a jusante do reservatório, sendo o item, microalgas, o de maior frequência nas duas áreas estudadas (Fig. 3). A composição da dieta de *M. lippincottianus* a montante do reservatório, durante o período de chuva, apresentou uma riqueza maior de itens do que o mesmo período na área a jusante do reservatório, com o item, larvas de inseto comum na área a montante e jusante do reservatório, exibindo maior frequência entre os itens analisados na dieta (50 e 41,7%, respectivamente). Já, durante a estiagem na área a montante e jusante do reservatório a dieta foi representada por uma variedade de itens nas composições, sendo o item larva de insetos (Chironomídeos) mais frequente, atingindo percentuais de 33% e 41,7% do total de itens analisados (Fig. 3).

Conclui-se a partir dos resultados obtidos, que a sazonalidade da região e a área de estudo não influenciaram sobre a composição da dieta da espécie estudada, levando a caracterizar o hábito alimentar onívoro para a espécie, com tendência a insetivoria nas áreas de estudo analisadas.

Os resultados registrados por Teixeira et al., (2009), para a mesma espécie analisada (*M. lippincottianus*) no reservatório da usina hidrelétrica de Boa Esperança, Rio Parnaíba/PI, evidenciaram na dieta uma preferência por itens de origem vegetal, o que caracterizou o comportamento onívoro para a espécie com tendência para a herbivoria diferente do obtido neste trabalho. Isso pode demonstrar que a espécie é mais versátil na obtenção de alimento, aproveitando o que tem mais disponível no ambiente. Assim como, Canan et al., (1997), também determinaram o comportamento herbívoro para outra espécie do mesmo gênero, *M. roosevelt*, na lagoa Boa Cicca, Nizia Floresta, RN, com registros de uma preferência por itens de origem vegetal, correspondendo a 75% de frequência entre os itens presentes na dieta da espécie estudada.

Do mesmo modo, Canan e Gurgel (2002), verificando a ritmicidade da alimentação de *M. roosevelti* na Lagoa do Jiqui, Parnamirim/RN, detectaram dentre os itens presentes na dieta, a maior incidência de microalgas (Cyanophyta, Chlorophyta e Bacilariophyta), resultados que não corroboram com os obtidos para a dieta alimentar de *M. lippincotyannus* no presente estudo.

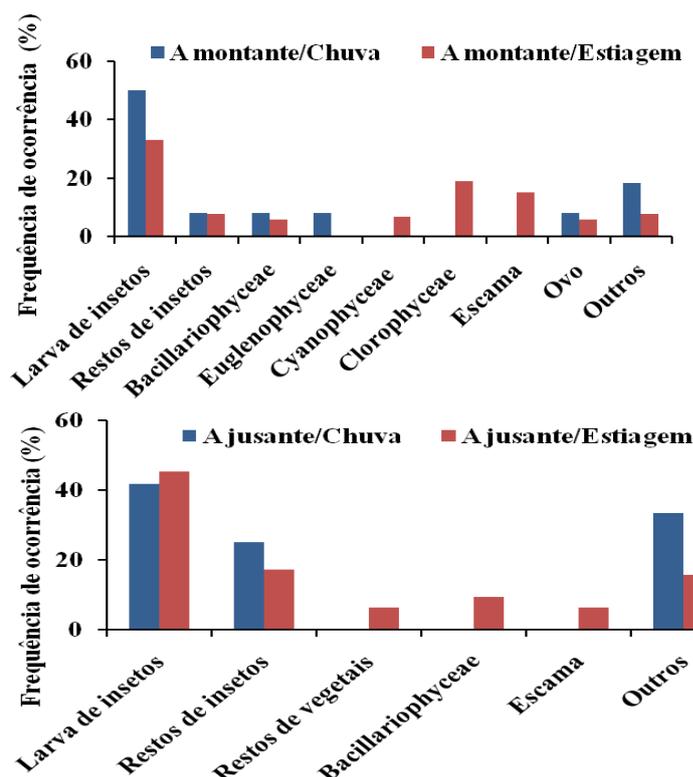


Figura 3. Frequência de ocorrência dos itens alimentares presentes na dieta alimentar de *M. lippincotiannus* das áreas a montante (a) e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nas duas estações do ano de 2010 e 2011.

3.1.4. Espécie *Oreochromis niloticus*

Foi analisado o conteúdo alimentar de 30 exemplares da espécie *O. niloticus*, sendo 20 a montante e 10 a jusante do reservatório do Rio Gramame, entre os pontos amostrados P1 e P4, P8 e P9 (únicos em que a espécie foi coletada), respectivamente, contemplando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011.

A montante do reservatório, os espécimes analisados durante as duas estações do ano, revelaram uma dieta com menor riqueza de itens alimentares (5 itens), sendo representada por microalgas, restos de vegetais e detritos, que representaram percentuais iguais a 20% para cada um dos itens analisados, com exceção do item Cyanophyceae que foi detectado apenas no período de chuva de 2011 (Fig. 4).

A jusante do reservatório, a dieta da espécie durante o período de chuva revelou uma maior riqueza de itens alimentares (8 itens), sendo representados por itens de origem vegetal (com exceção do item Clorophyceae) e animal, que foram distribuídos em diferentes quantidades nas duas estações do ano. Entretanto, outros itens também foram importantes na composição da dieta da espécie estudada durante o período de chuva de 2011, sendo

representados por restos de vegetais, ovos, larvas e restos de insetos (Chironomídeos), que registraram percentuais de 14,3%. Durante o período de estiagem do mesmo ano, o item Clorophyceae esteve presente na dieta em 20% dos estômagos analisados.

Durante a estiagem, esta espécie mostrou preferência alimentar pelos itens detritos (40%), Cyanophyceae e Bacillariophyceae, representando um percentual de 20% cada um, do total de estômagos analisados (Fig. 4).

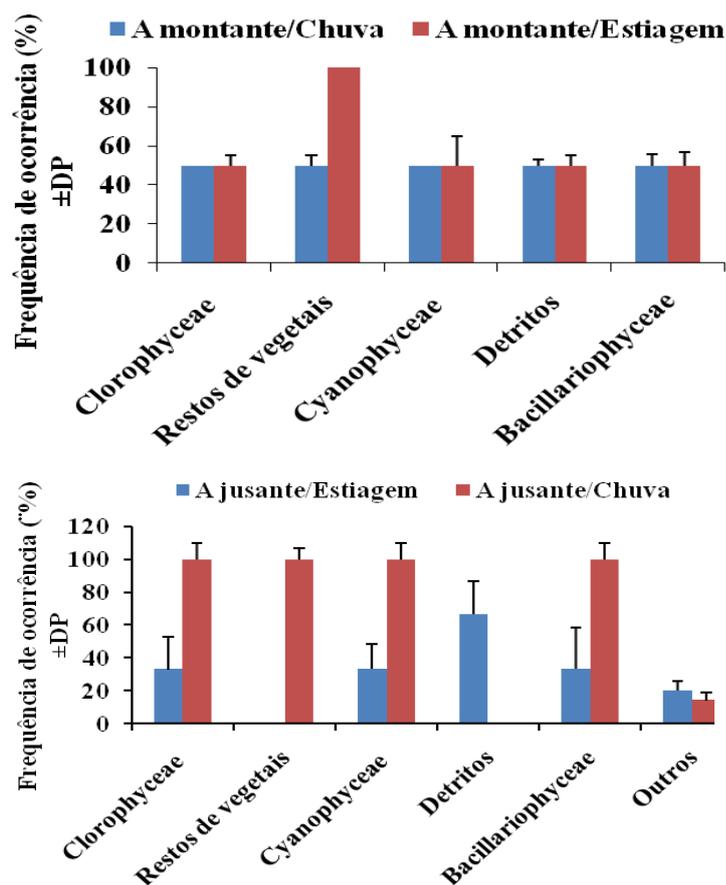


Figura 4. Frequência de ocorrência dos itens alimentares na dieta de *O. niloticus* a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante as estações de chuva e estiagem de 2010 e 2011

Resultados semelhantes foram apresentados por Zaganini (2009) na dieta alimentar da mesma espécie (*O. niloticus*) no reservatório de Barra Bonita, SP, sendo registrada uma dieta mista, constituída de itens de origem vegetal e animal, com preferência alimentar por detritos (45,68%) e fragmentos de vegetais (22,65%). A participação de microalgas (Bacillariophyceae, Chlorophyceae e Euglenophyceae) com percentual de 13,63%, foi seguido de microcrustáceos e insetos aquáticos, com percentuais de 10,36% cada, na

composição da dieta, levando a caracterizar a espécie *O. niloticus* com um comportamento onívoro, com tendência a herbívoros.

Diante do apresentado, os resultados mostraram dietas variadas entre as estações do ano e as áreas de amostragem, que levaram a caracterizar a espécie na área a montante do reservatório com um comportamento herbívoro com tendência a detritívora.

3.1.5. Espécie *Rhamdia quelen*

Foi analisado o conteúdo alimentar de 79 espécimes de *R. quelen* capturados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, contemplando os períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011. As análises macro e microscópica do conteúdo alimentar mostraram variações entre as estações do ano e as áreas de estudo, durante o período analisado.

Os resultados obtidos da composição da dieta na área a montante do reservatório está apresentado na Figura 5 e revelaram uma composição diferindo com a sazonalidade da região.

Durante o período chuvoso a montante do reservatório, a dieta constou do item restos de camarão com percentual de 100% da composição. Enquanto na estiagem, a dieta da espécie apresentou uma variedade de itens, com maior preferência de moluscos da classe Bivalvia, e restos de camarão, com percentuais de frequência de ocorrência de 25 e 33,33%, seguido de microalgas, Bacillariophyceae e Chlorophyceae (com 16,7% cada) na composição da dieta alimentar.

A jusante de reservatório, a dieta de *R. quelen* foi representada por uma variedade de itens alimentares nas duas estações do ano de 2010 e 2011. Durante o período chuvoso, a espécie consumiu itens semelhantes aos mesmos períodos a montante do reservatório representados por microalgas, Chlorophyceae (32%), Zygnemaphyceae e restos de vegetais (com 16% cada), bem como, restos de insetos, com percentual de 20% na composição da dieta. Já no período de estiagem, a dieta da espécie foi muito semelhante à do período de chuva, com exceção dos itens de origem animal (moluscos Gastropoda, com 25%, e restos de camarão com 7,5%, os itens de maiores frequências percentuais foram representados pelas Chlorophyceae (22,5%) e restos de vegetais (17,5%) (Fig. 5).

Estes dados deferiram do apresentado por Velludo (2007), com a mesma espécie estudada, detectando uma preferência alimentar por insetos na dieta alimentar. Assim como, Meurer e Zaniboni Filho, (1997), relataram que indivíduos adultos de *R. quelen* são omnívoros, com uma clara preferência por peixes, crustáceos, insetos, restos vegetais e

detritos orgânicos. Segundo Guedes, (1980), os organismos encontrados no conteúdo gastrointestinal de *R. quelen* não são restritos ao habitat bentônico, indicando que essa espécie é generalista com relação à escolha de alimento.

Diante dos resultados obtidos, verificou-se que a espécie tem uma dieta generalizada, podendo ser caracterizada com comportamento alimentar onívoro com tendência a herbívoro.

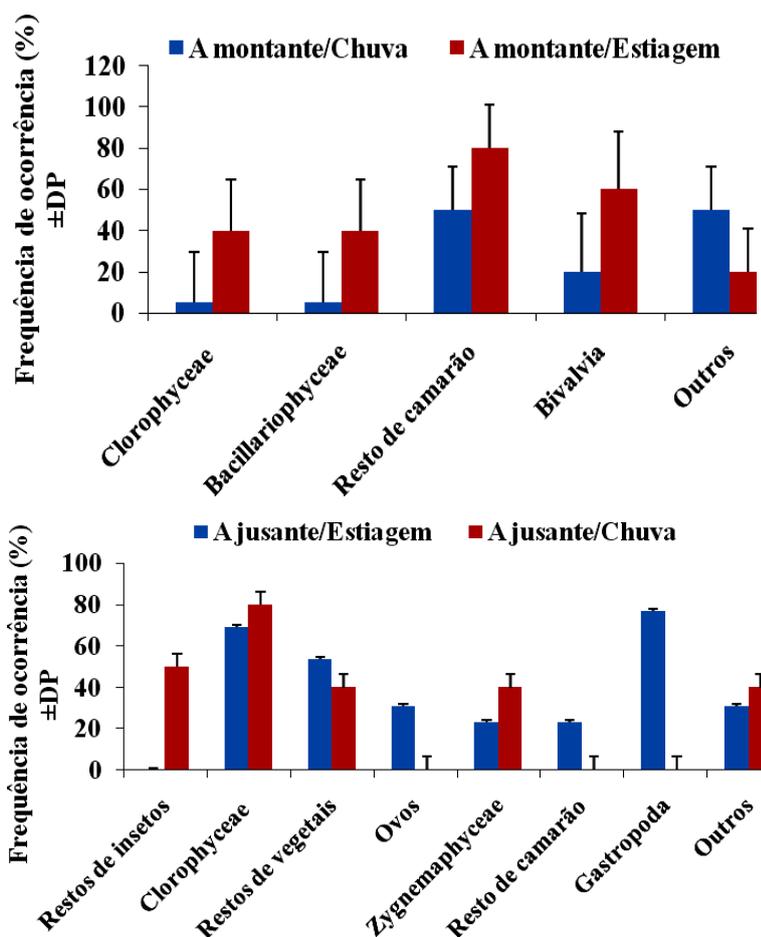


Figura 5. Frequência de ocorrência dos itens alimentares na dieta da espécie *R. quelen* coletados a montante do reservatório do Rio Rio Gramame, nas duas estações do ano, nos períodos de 2010 e 2011

3.1.6. Espécie *Centropomus undecimalis*

Foram feitas análises dos conteúdos alimentares de *C. undecimalis* de um total de 20 indivíduos a jusante do reservatório, contemplando as estações de chuva e estiagem de 2010 e 2011 (Tab. 1).

As análises do conteúdo alimentar não apresentaram variabilidade na composição da dieta, sendo registrados apenas os itens, resto de camarão e resto de peixe, representando um percentual de 50% de cada item do total de estômagos analisados.

Estes dados corroboram com Nascimento et al., (2011), que revelaram para a dieta da mesma espécie os itens peixes (74%) e camarão (22%) do total de estômagos analisados, os itens mais consumidos pela espécie, o que levou os autores a caracterizarem o comportamento alimentar da espécie como carnívoro, com tendência a piscivoria. Os resultados revelados por Tonini et al., (2007), para outra espécie do gênero *Centropomus* (*C. parallelus*), constataram o item peixes na dieta da espécie, representando um percentual de 36% dos estômagos analisados, o que levou os autores a caracterizarem a espécie como ictiófaga.

3.1.7. Espécie *Hoplias malabaricus*

Para as análises dos alimentos presentes nos estômagos de *H. malabaricus* foram analisados 15 indivíduos no período de chuva e cinco durante o período de estiagem, na área a jusante do reservatório.

Na área a montante do reservatório foram analisados 20 exemplares no período de chuva e 10 durante a estiagem, ambos os períodos em 2011.

A análise do conteúdo alimentar da espécie revelou uma dieta diferenciada para a espécie analisada quanto às estações do ano nas áreas estudadas (Fig. 6) (Tabela 1).

A montante do reservatório, durante o período de chuvoso na região, a dieta foi representada pelos itens, restos de camarão (80%) e outros organismos, como insetos e moluscos, presentes em 20% dos estômagos analisados. Durante a estiagem, a dieta foi composta também pelo item, restos de camarão (80%) seguido de restos de peixe (20%) do total de estômagos analisados. Assim, a espécie analisada apresentou uma dieta restrita a organismos de origem animal, caracterizada como de hábito carnívoro.

Por outro lado, a jusante do reservatório, as análises do conteúdo alimentar revelaram uma dieta diferenciada da área a montante do reservatório nas duas estações do ano. Durante o período de estiagem, a dieta foi representada pelo item, restos de inseto, representando 100% dos estômagos analisados, e no período de chuva, a dieta da espécie apresentou-se mais diversificada, sendo representada por restos de peixes da espécie *O. niloticus* com um percentual de 70%, e restos de inseto (Chironomideos), representando 20% dos estômagos analisados. É possível que a qualidade de água a jusante do reservatório, pela presença do distrito industrial não permita a sobrevivência do camarão, o que pode explicar a sua ausência nos estômagos. Segundo relatos pessoais da pesquisadora Cristina Crispim, a mesma viu tempos atrás, camarões saltando para fora da água do Rio Gramame na área a jusante, revelando que a água não estava adequada aos seres vivos.

Os resultados apresentados acima corroboram com os dados apresentados por Loreiro e Hann (1996), que detectaram uma dieta para a mesma espécie analisada no presente trabalho, com predominância em quase 100% de peixes, do gênero *Astyanax*, e ocasionalmente, consumia insetos e restos de vegetais. Diferentemente de Canan et al., (1997), na Lagoa Boa Cicca, RN, registraram uma dieta para a mesma espécie (*H. malabaricus*) constituída basicamente por crustáceos da Ordem Decapoda, representando um percentual de 27% dos estômagos analisados.

Diante do apresentado, os dados mostraram que a espécie estudada apresentou uma dieta basicamente carnívora, na área a jusante, e um comportamento preferencialmente piscívoro na área a montante do reservatório.

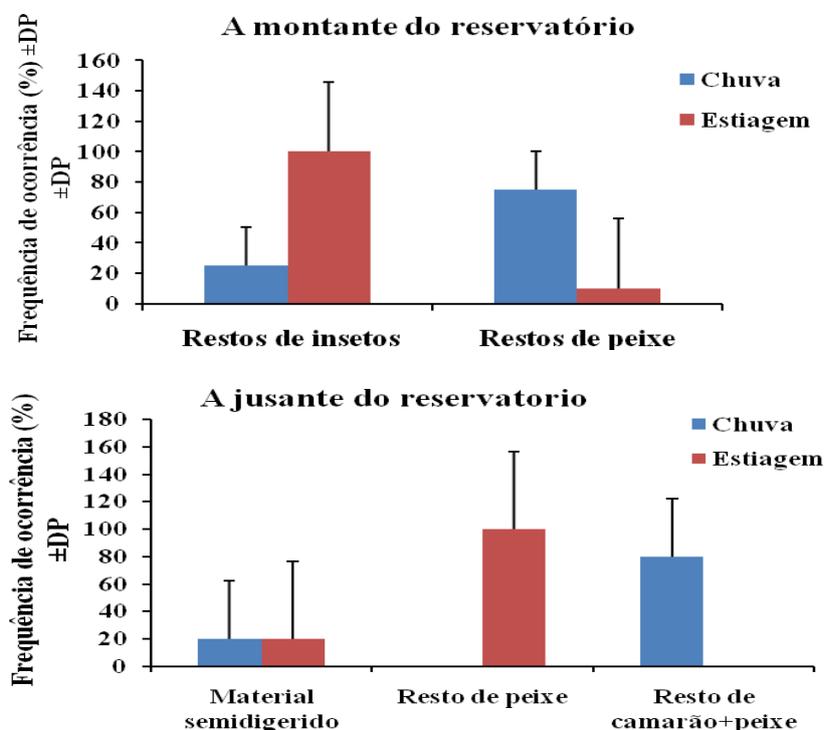


Figura 6. Frequência de ocorrência dos itens alimentares na dieta da espécie *H. malabaricus* coletados a montante do reservatório do Rio Gramame, nas duas estações do ano, nos períodos de 2010 e 2011

3.1.8. Espécie *Cichla ocellaris*

Foi analisado o conteúdo estomacal de um total de 69 espécimes de *C. ocellaris*, sendo 29 espécimes durante o período de chuva e 40 no período de estiagem, na área a montante do reservatório do Rio Gramame, revelando uma diferenciação na dieta da espécie entre as estações do ano.

No período chuvoso, a espécie apresentou na dieta preferencialmente representada por camarão, da espécie *Pseudopalaemon cf. crhyseus* (100%), e complementada por resto de peixes (16%) de indivíduos da sua própria espécie, fazendo canibalismo durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011. No período de estiagem, a dieta da espécie estudada apresentou maior riqueza de itens alimentares, com preferência por peixes da sua própria espécie (46,5%), restos de peixes (41,9%) e restos de camarão (23,2%). Os itens que apresentaram menor frequência na dieta foram representados por moluscos Gastropoda e peixes (*Poecilia reticula*), encontrados em 2,3% dos estômagos analisados (Fig. 7) (Tab. 1).

Resultados similares foram apresentados para a dieta de *C. ocellaris* por Canann et al., (1997), na Lagoa Boa Cicca, que constataram a presença do item crustáceos em 40% e 34% de escamas e raios de nadadeiras de peixes. Enquanto que, resultados diferentes foram registrados por Pedro e Watanabe (2009) para a mesma espécie estudada no mesmo ambiente analisado, que constataram uma dieta muito diversificada representada por crustáceos (*Macrobrachium sp.*), insetos (Ephemeroptera, Odonata e Coleoptera), peixes de diversas espécies (*Crenicichla sp.*, *Poecilia sp.* e o próprio *C. ocellaris*), bem como, material vegetal. Essa diferença de alimentos no mesmo local ao longo do tempo (dados do trabalho de Pedro e Watanabe, são da década de 90), pode revelar a diminuição da biodiversidade na biota aquática, o que restringiu os itens alimentares nesta espécie, sendo o resultado da perda de qualidade da água no Rio Gramame ao longo dos anos.

Stefani (2006), no reservatório do Rio Tietê, caracterizou a espécie *C. ocellaris* como piscívora, consumindo principalmente peixes. Assim como, Santos et al., (2001) para a dieta de outra espécie do mesmo gênero, *C. monoculus* no reservatório de Lages/RJ foi representada por restos de peixes, escamas e espinhos de juvenis de *C. monoculus* e *Tilapia rendalli*, representando percentuais de 46,9 e 12%, respectivamente, dos estômagos analisados. No entanto, Peixoto (1982), registrou uma pequena participação do item peixe na dieta da *C. ocellaris* no açude Lima Campos/CE, revelando um consumo com maior frequência de camarão do gênero *Macrobrachium*.

Diante dos resultados apresentados, conclui-se que a espécie analisada revelou uma dieta diferenciada entre as estações do ano, sendo restrita ao item camarão durante o período chuvoso, e o item peixe durante o período de estiagem, na área a montante do reservatório, caracterizando o comportamento carnívoro para a espécie.

Tabela 1. Abundância de itens alimentares presentes na dieta das espécies carnívoras amostradas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame.

A JUSANTE DO RESERVATÓRIO DO RIO GRAMAME							
Espécie	Estação	N	Resto de	Resto de	Restos de	Larva de	Outros
			camarão	peixe	insetos	camarão	
			FO (%)	FO (%)	FO (%)	FO (%)	FO(%)
<i>C. undecimalis</i>	Chuva	10	50,0	50,0	-	-	-
<i>C. undecimalis</i>	Estiagem	10	50,0	50,0	-	-	-
<i>H. malabaricus</i>	Chuva	15	80,0	-	-	-	20,0
<i>C. parallelus</i>	Chuva	05	75,0	-	-	-	25,0
<i>C. parallelus</i>	Estiagem	05	100,0	-	-	-	-
<i>H. malabaricus</i>	Estiagem	05	80,0	20,0	-	-	-
<i>S. marmoratus</i>	Estiagem	07	42,8	28,6	28,6	-	-
<i>S. marmoratus</i>	Chuva	10	100,0	-	-	-	-
<i>S. marmoratus</i>	Chuva	10	100,0	-	-	-	-
A MONTANTE DO RESERVATÓRIO DO RIO GRAMAME							
Espécie	Estação	N	Resto de	Resto de	Restos de	<i>C. ocellaris</i>	Outros
			camarão	peixe	insetos		
			FO (%)	FO (%)	FO (%)	FO (%)	FO(%)
<i>C. ocellaris</i>	Chuva	29	100,0	16,0	-	16,0	2,3
<i>C. ocellaris</i>	Estiagem	40	23,2	41,7	-	46,5	2,3
<i>H. malabaricus</i>	Estiagem	20	-	-	100,0	-	-
<i>H. malabaricus</i>	Chuva	10	-	70,0	20,0	-	-
<i>S. marmoratus</i>	Estiagem	10	100,0	-	-	-	-

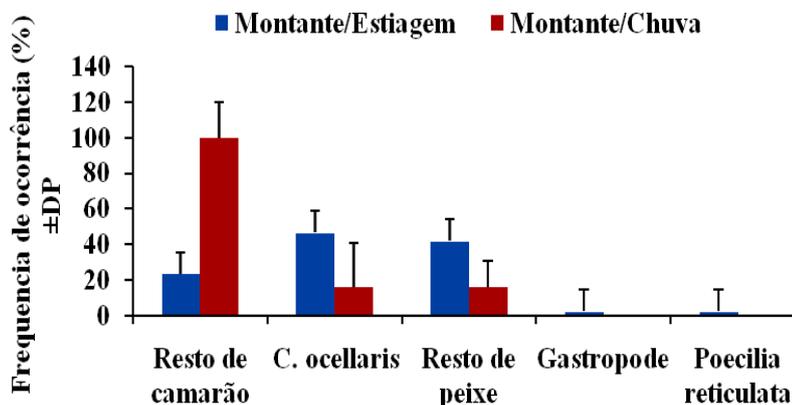


Figura 7. Frequência de ocorrência dos itens alimentares na dieta da espécie *C. ocellaris* coletados a montante do reservatório do Rio Gramame, nas duas estações do ano, nos períodos de 2010 e 2011

3.2. Categorias tróficas nas áreas estudadas

A preferência alimentar na dieta das espécies analisadas, durante os períodos de 2010 e 2011, foram distribuídas em quatro categorias tróficas nas áreas estudadas, a montante e a jusante do reservatório, sendo reveladas diferenças entre as estações do ano durante os períodos analisados (Fig. 8 a, b, c, d).

A montante do reservatório, a preferência alimentar das espécies revelou diferenças entre as estações de chuva e estiagem, sendo a maior abundância de espécies na estação chuvosa (Fig. 8 a) na categoria carnívora com tendência a piscívora, representada pelas espécies, *C. ocellaris* e *H. malabaricus*, representando um percentual de 70%, seguida, da categoria herbívora/detritívora, em 16% das espécies sendo a mais abundante, *H. pularum*.

No período de estiagem (Fig. 8 b), houve uma substituição entre categoria tróficas na área estudada, sendo a categoria onívora com tendência a herbívora, para as espécies, *Oreochromis niloticus* e *Rhamdia quelen*, que apresentaram percentuais de 51% na categoria, seguida de carnívora, com uma tendência a piscívora em 42% da frequência de ocorrência de espécies analisadas, *C. ocellaris* e *H. malabaricus*, respectivamente.

Na área a jusante do reservatório ocorreu variações qualitativa e quantitativa entre as categorias tróficas durante os períodos de chuva e estiagem da região.

Durante o período chuvoso, a preferência alimentar das espécies foi mais abundante entre as categorias, carnívora e onívora, com tendências a piscívora e insetívora, que corresponderam percentuais de 33%, respectivamente, representados pelas espécies *C. undecimalis* e *H. malabaricus* (Fig. 8 c).

Durante a estiagem, a categoria trófica onívora foi a mais abundante nas espécies, *O. niloticus* e *R. quelen*, com um percentual de 37%, seguido da herbívora com 20% das espécies analisadas, que revelaram uma tendência à categoria detritívora na região estudada (Fig. 8 d). Isso pode ser resultado da diferente qualidade da água a jusante do reservatório, que proporciona menor biodiversidade animal e maior quantidade de detritos e microalgas.

Resultados diferentes foram apresentados por Gandini et al., (2012) para a preferência alimentar de peixes do Rio Grande, a jusante da usina hidrelétrica de Itutinga, MG, sendo registrados uma maior variedade de categorias tróficas (7) e revelaram que a maioria das espécies analisadas apresentaram comportamentos generalistas (19%) seguido de 10% de iliófagas. É possível que a presença do distrito industrial a jusante do reservatório de Gramame/Mamuaba, por afetar a qualidade da água, diminua a

biodiversidade de presas, impedindo que as espécies se alimentem do seu espectro alimentar natural e tenham que se adaptar a hábitos detritívoros.

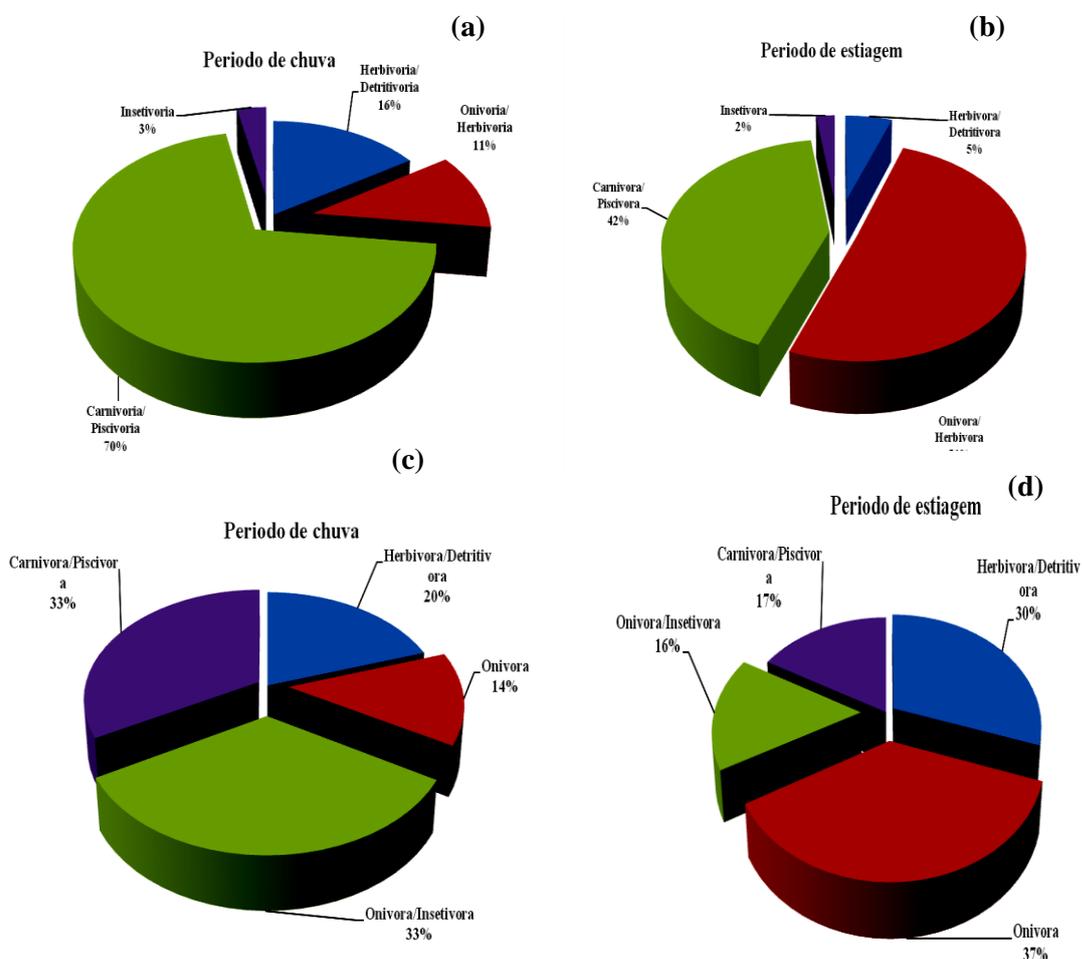


Figura 8. Riqueza percentual entre as categorias tróficas representadas pela preferência alimentar das espécies analisadas a montante (a,b) e a jusante do reservatório do Rio Gramame (c,d) durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

4. CONCLUSÃO

Conclui-se com os resultados obtidos das análises dos conteúdos estomacais das espécies analisadas, uma dieta pouco diferenciada entre os itens alimentares nas áreas estudadas e durante a sazonalidade da região, apresentando algumas sobreposições alimentares, levando a uma maior incidência de hábitos alimentares generalistas nas áreas a montante e a jusante do reservatório em todo o período estudado.

A tendência de homogeneização no espectro alimentar das espécies, principalmente de comportamento carnívoro e onívoro foi dado pelo maior número de indivíduos ter consumido itens mais abundantes em detrimento de outros.

Dentre os pontos de amostragem a montante e a jusante do reservatório, os pontos P4, P8 e P9, respectivamente, apresentaram as maiores disponibilidades de alimento, e registraram a maioria das categorias tróficas, apesar das influências antrópicas nas regiões.

A região a montante do reservatório revelou maior diversidade de itens alimentares animais, o que proporciona uma dieta alimentar mais saudável, que se reflete em indivíduos de maior tamanho, como por exemplo, *H. malabaricus*.

CAPITULO IV
BIOACUMULAÇÃO DE METAIS NA ICTIOFAUNA AO LONGO DO
RIO GRAMAME

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a poluição por metais pesados e a contaminação do solo e dos sistemas aquáticos vem aumentando, principalmente, nas zonas costeiras e nas grandes cidades de todo o mundo (VALENTE et al., 1997; REBOUÇAS, 1999; VELINI, 2000).

O lançamento de despejos urbanos, industriais, agrícolas e de atividades de mineração, tem provocado modificações nas características das águas continentais, tornando os rios, corpos receptores, de esgotos sanitários, efluentes de resíduos industriais e resíduos sólidos, provocando a desassimilação desses poluentes pelo processo natural de autodepuração e a alteração na natureza do corpo d'água (MENEZES et al., 2006).

Deste modo, os metais têm gerado grande interesse ambiental, devido ao seu caráter de não biodegradabilidade, sendo o seu principal meio de condução as águas naturais, podendo acumular-se na biota aquática em níveis significativamente elevados (SILVA, 2002), e ocasionar o aumento na ocorrência de doenças em organismos mais sensíveis, extinções de espécies e a redução da biodiversidade.

Os metais uma vez presentes nos corpos hídricos podem ser transferidos para plantas e animais, mais especificamente nos peixes, por serem formas de vida mais dominantes no meio aquático. Estes apresentam grande diversidade de espécies, heterogeneidade, abundância e mobilidade, e têm grande interferência na cadeia alimentar (WOOTTON, 1999), logo quando há metais acumulados na ictiofauna, o homem poderá também ser veículo destes elementos.

Assim, segundo Bjerregaard e Andersen (2007), os íons metálicos atingem os peixes a partir da cadeia alimentar, podendo acumular-se em níveis potencialmente tóxicos, através do epitélio branquial, aumentando a sua concentração no tecido muscular, renal e nas vísceras abdominais, cujos efeitos envolvem danos reprodutivos e no desenvolvimento do organismo (RODRIGUES, 2007), sem necessariamente, resultar na morte do indivíduo (CABANA et al., 1994; SAMPAIO et al., 2006). Isso gera o fenômeno da bioacumulação desses metais, devido à sua grande afinidade por gorduras e proteínas e pela baixa taxa de eliminação desses elementos no organismo (MEILI, 1991), o que induz a efeitos adversos, a longo prazo, também sobre a saúde humana (USEPA, 1998). Como estes metais não são eliminados pelos organismos, eles aumentarão a sua concentração, visto que estarão sujeitos a novas contaminações no local, processo este chamado de biomagnificação. Como exemplo da biomagnificação tem-se o Mal de Minamata que começou a surgir em 1956 na cidade de Minamata no Japão, após o início de despejo dos

resíduos líquidos de uma fábrica de agrotóxico na Baía de Minamata, que levou muitas pessoas a morrerem simultaneamente por contaminação de mercúrio.

Diante deste cenário, a ANVISA (1998) regulamentou a Portaria de Nº 685 que normatizou os níveis máximos tolerados de contaminantes inorgânicos nos alimentos, mais especificamente no pescado, com a finalidade de minimizar os riscos de contaminação na alimentação e conseqüentemente na saúde da população em geral.

Os níveis máximos permitidos pela ANVISA variam entre os metais pesados, sendo para o cádmio de 1,0 mg/Kg, para o chumbo de 2,0 mg/Kg, para o cobre de 3,0 mg/Kg, para o zinco de 5,0 mg/Kg e o mercúrio total de 0,5 e 1,0 mg/Kg, para peixes não predadores, e peixes predadores, respectivamente.

A expressão “metal pesado” é normalmente utilizada para designar metais classificados como poluentes, englobando um grupo muito heterogêneo de metais, semimetais e mesmo não metais. Entre os elementos de metais, o mercúrio é um dos elementos com maior frequência na lista de metais pesados (CETESB, 2001). O mercúrio na forma de minério apresenta-se principalmente como sulfeto de mercúrio, é encontrado naturalmente na atmosfera e na água, no entanto, a sua concentração pode ser alterada conforme influência de fontes contaminantes (OLIVARES, 2003).

A forma de contaminação pelo metal mercúrio é feita através do contato dérmico acidental, com líquido ou sais utilizados na manipulação de componentes eletrônicos, na inalação do vapor, em exposição ocupacional, e na ingestão de peixes (VECCHIO, 2005), conforme Figura 1 que ilustra a rota de contaminação do mercúrio ao ser humano.

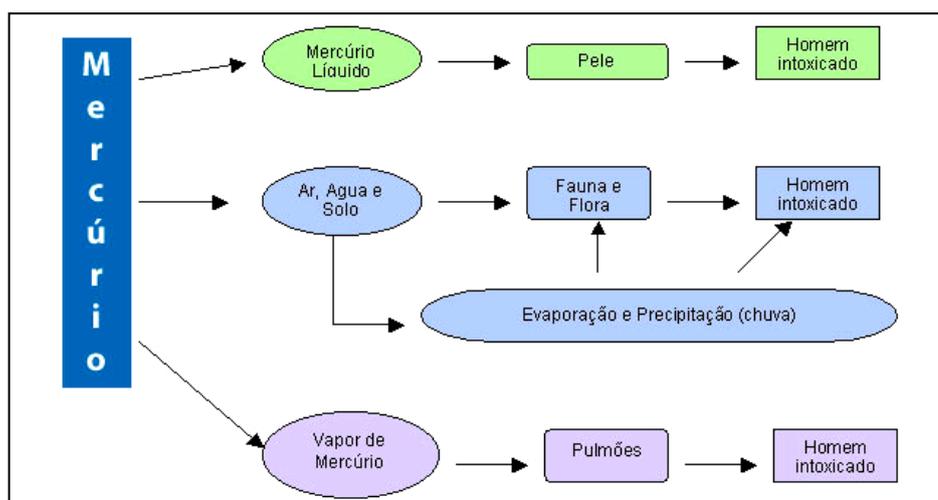


Figura 1. Contaminação pelo metal mercúrio no ser humano.
Fonte: Dilermando Brito Filho, (1988)

Desta forma, a acumulação do mercúrio ocorre progressivamente através da cadeia trófica e da água, sendo os peixes os indicadores do grau de contaminação da região estudada (CARDOSO et al., 2009).

A alimentação à base de peixes é uma via em que o mercúrio, na sua forma orgânica, alcança populações ribeirinhas, inclusive as indígenas, nas quais a principal fonte de proteína é o pescado, cujo hábito é antigo na população.

De uma forma geral, a exposição ao metal mercúrio, pode levar a perdas na função dos rins e danos neurológicos (ATSDR, 1999), ocasionando lesão no sistema nervoso central, a perda da coordenação motora, alteração da fala e andar, diminuição do campo visual e cegueira (OLIVARES, 2003).

O metal cádmio, segundo a CETESB (2012) é um contaminante tóxico, que pode ter a sua origem na natureza através da mineração e metalúrgica, a partir de sucatas recicladas de ferro e aço, em que se obtém aproximadamente 10% do metal consumido, como também, na produção de pilhas elétricas e plásticos. Ainda segundo a CETESB (2012), o alimento é a principal fonte de exposição ao cádmio para a população em geral e não fumante, como carnes, peixes, ovos e laticínios, que contêm pouco cádmio menos de 0,01 µg/g de peso úmido, porém órgãos internos, especialmente, fígado e rins, podem conter concentrações mais elevadas.

Do mesmo modo, o metal chumbo também é um contaminante ambiental, que ocorre com o aumento das concentrações advindas do uso industrial. Tem a sua utilização na fabricação de canos para abastecimento de água, revestimento de cabos elétricos, chapas para pias, cisternas e telhados (MAVROPOULOS, 1999).

Este metal pode ser introduzido no organismo humano através da inalação (ar atmosférico), ingestão (água, alimentos e solo contaminados) e por via dérmica, provocando efeitos diversos sobre o sistema nervoso, como as encefalopatias irritabilidade, cefaléia, tremor muscular, alucinações, perda da memória e capacidade de concentração, esses sintomas podem progredir até o delírio, convulsões, paralisias e levar ao coma. A Figura 2 ilustra as rotas de exposição humana ao metal chumbo.

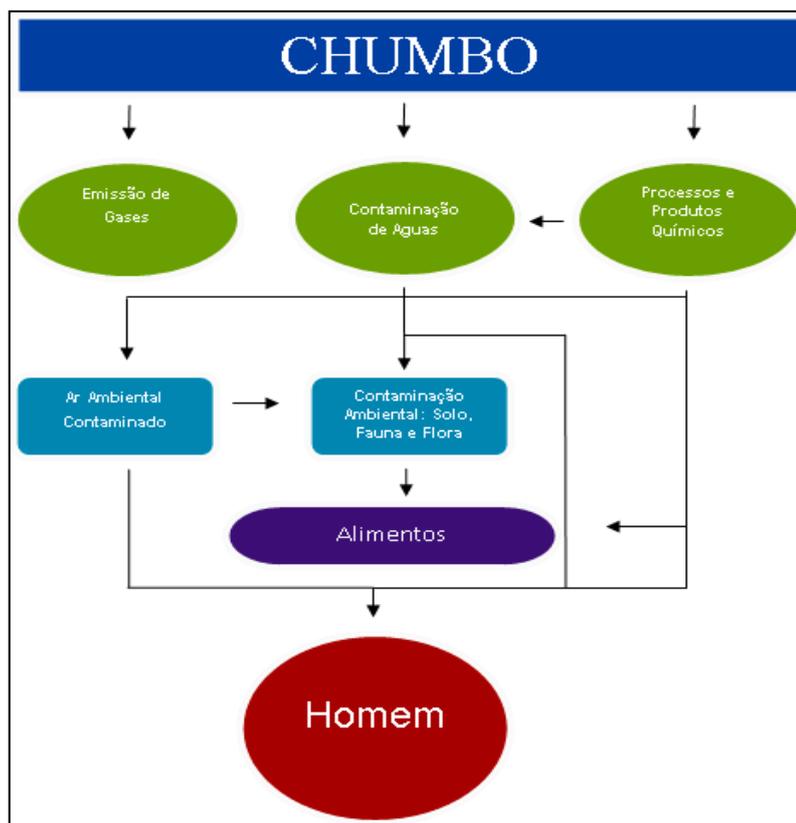


Figura 2. Rota de exposição do metal chumbo ao ser humano. Fonte: IPCS (1995)

O cobre é um elemento essencial na fisiologia de animais aquáticos e no homem, e participa na produção de proteínas. Segundo a CETESB, (2000), no meio ambiente tem a sua concentração aumentada, devido à corrosão de tubulações por águas ácidas, efluentes de estação de tratamento de esgotos e contaminação das águas subterrânea a partir do uso agrícola com fungicida e pesticida, no tratamento de solos e efluentes, precipitação atmosférica de fontes industriais de mineração e fundição. Em concentrações elevadas no homem, pode apresentar diversos distúrbios, como a irritação estomacal, disfunção hepática, renal e do sistema nervoso central, podendo levar à depressão.

Estudos sobre contaminação por metais pesados em organismos aquáticos em diversos países, ainda são na maioria realizados com peixes marinhos, principalmente com espécies de hábitos, migratório e carnívoro, conforme relatado na literatura.

Abdallah (2007), constatou elementos-traço de cádmio, chumbo, cobre, cromo e zinco em peixes da costa do Mediterrâneo no Egito, e Kamaruzzaman et al., (2010), verificaram o aumento nas concentrações de zinco, cobre e chumbo em diversas espécies de peixes da costa da Malásia.

No Brasil, estudos dessa natureza são realizados com mais ênfase nas regiões Sul e Sudeste, com análises das concentrações dos metais na água, no sedimento e da bioacumulação em organismos aquáticos (MORAES et al., 1997; CARVALHO et al., 2000; COIMBRA 2003; RAMOS et al., 2004; CASTRO, 2006; GOBBI, 2007; FERNANDES et al., 2006).

Na região Norte do país, os estudos sobre a bioacumulação de metais em ecossistemas aquáticos ainda são insipientes, sendo realizados por Barbosa et al., (2003), que determinaram a biomagnificação de mercúrio na água do Rio Negro, Brasil; por Sampaio da Silva et al., (2006), que avaliaram os níveis de mercúrio em peixes do Rio Tapajós, Amazônia; por Magarelli et al., (2009), que quantificaram os metais de cádmio e chumbo em peixes da região amazônica, como também, por Pereira, et al., (2008), que analisaram a bioacumulação de metais pesados na espécie *Cichla spp.* (tucunaré) capturados na represa de Tucuruí no Estado do Pará.

No Nordeste brasileiro, estudos sobre bioacumulação de metais em organismos aquáticos são bastante escassos, com registros de Cavalcanti (2003), que avaliou metais traços em ostras comercializadas em Recife/PE; Lima e Lopes (2007), que registraram os níveis de cádmio em peixes e macrófitas do complexo de Paulo Afonso, Bahia.

No Estado da Paraíba, há alguns registros de níveis de metais na água de alguns reservatórios, como a quantificação dos níveis de boro, cádmio, chumbo, cobre, ferro, manganês, níquel e zinco na bacia hidrográfica do Rio Cabelo, João Pessoa/PB (FARIAS et al., 2007), assim como, registros dos níveis de metais cromo, chumbo e cobre em efluentes de resíduos industriais no Riacho Mussuré, Bacia do Rio Gramame, João Pessoa/PB (ABRAHÃO, 2006). Machado et al., (2005) também verificaram níveis de chumbo e cromo, nas águas do reservatório de Gramame/Mamuaba, mananciais que são utilizados como sistemas de abastecimento de água para a grande João Pessoa/PB. Fonseca (2008) verificou o impacto da contaminação de efluentes na área a jusante do reservatório do Rio Gramame e registrou traços de alumínio e zinco presentes naquele ambiente. Todos estes estudos analisaram a concentração de metais na água, enquanto que a proposta deste trabalho é realizar as análises de metais em seres vivos.

Neste sentido, as diversas ações antropogênicas realizadas nos ecossistemas aquáticos têm causado o desequilíbrio ambiental, como alterações na qualidade da água e a redução da biodiversidade, visto que, a produção do pescado em geral, tem sido diminuída já há algumas décadas, possivelmente gerado pela contaminação por diversos efluentes

industriais, que podem levar a alterações físicas, químicas e biológicas no ecossistema estudado (TURNELL, 2012).

Desse modo, faz-se necessário o presente estudo, a fim de avaliar os níveis da bioacumulação por metais de cádmio, chumbo, zinco, cobre e mercúrio, entre os elos da cadeia alimentar da ictiofauna do Rio Gramame, como forma, de prover informações sobre os níveis de poluição, fornecendo assim, subsídios para um plano de gestão para o ecossistema aquático estudado, visando a manutenção da saúde humana, principalmente dos ribeirinhos, que consomem peixes retirados do Rio Gramame.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Período e locais de coleta dos organismos

As coletas dos espécimes de peixes para a quantificação dos metais foram feitas a montante do reservatório, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011, apenas nos pontos P4 e P5 (conforme Fig. 2, descrita na área de estudo), em virtude dos pontos P1, P2 e P3 apresentarem uma baixa abundância de alguma das espécies, especificamente, *C. ocellaris*, *M. lippincottinus*, *H. malabaricus* e *Hypostomus pusalum*, que são consideradas espécies de importância econômica na região, com exceção da espécie *H. pusalum*.

A jusante do reservatório, as espécies analisadas foram capturadas durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011, nos pontos P8, P9 e P10, devido aos pontos P6 e P7 apresentarem uma baixa abundância e/ou ausência das espécies *M. lippincottianus* e *H. malabaricus*, visto que esses locais receberem resíduos industriais e domésticos, oriundos de diversas indústrias, as quais introduzem seus produtos tóxicos nas águas do Rio Gramame e afluentes, o Rio Mumbaba e o Rio Mussuré.

2.2. Locais das análises das amostras

As amostras das espécies de peixes e camarão foram analisadas no Laboratório de Estudos em Química Ambiental (LEQA) do Departamento de Química do CCEN/UFPB, bem como, no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares)/USP/SP.

2.3. Preparação das amostras

A preparação das amostras foi realizada no Laboratório de Ecologia Aquática-LABEA do DSE/CCEN/UFPB, a partir do descongelamento dos espécimes de peixes e de camarão a temperatura ambiente. Também foi realizada análise de acumulação de metais em camarões da espécie *Pseudopaleomon cf. crhyseus*, em virtude destes animais terem sido item importante na alimentação de duas espécies de peixes carnívoros, como *C. ocellaris* e *H. malabaricus*. Assim, esta análise permitiu o cálculo da biomagnificação. Em seguida, foram feitos cortes transversais na porção dorsal dos animais para a extração do tecido muscular, que foram envolvidos em plástico PVC, etiquetados e acondicionadas em freezer a uma temperatura de -20 °C. Posteriormente, as amostras foram trituradas separadamente e colocadas em cadinhos, para secagem numa estufa com ventilação a uma temperatura de 60 °C, por um período de 24 h, para a desidratação das mesmas.

Após secagem, as amostras foram novamente pesadas para a determinação do percentual de umidade na matéria seca (%). Em seguida, cada amostra foi triturada, homogeneizada e transferida para sacos plásticos herméticos, devidamente identificados para posteriores análises laborais.

Neste estudo não foram analisados os órgãos internos como fígado e rins, em virtude de ser o objetivo principal, a contaminação via peixes para humanos, e o principal consumo é de músculo de peixes e não vísceras. Estudos futuros poderão analisar a contaminação em vísceras e ver a saúde dos peixes no ambiente, a partir desse tipo de contaminação.

2.4. Procedimento para a digestão das amostras no LEQA

O processo de digestão foi realizado em um forno micro-ondas CEM-Mars-Xpress®. Inicialmente, as amostras de tecido muscular foram pesadas em balança analítica (0,5 g) e adicionadas aos frascos de teflon. A cada frasco já contendo a amostra foi adicionada a solução digestora constituída de 5 mL de ácido nítrico (HNO₃), 2 mL de água oxigenada (H₂O₂) e 3 mL de água deionizada. Dois frascos foram preparados como “brancos” nos quais foram adicionadas estas mesmas quantidades de ácido, água oxigenada e água sendo acrescentada uma massa equivalente à da amostra (0,5 g) de água deionizada (Fig. 3).

Uma etapa de pré-digestão foi executada, nela todas as amostras foram mantidas em contato com a solução digestora por 30 min com os frascos ainda abertos em ambiente livre de contaminação. Após a pré-digestão, os frascos foram devidamente

fechados e levados para o processo de digestão no forno micro-ondas sendo executado o procedimento de aquecimento de acordo com a Tab. 1.

Tabela 1. Programa de aquecimento executado no forno CEM-Mars-Xpress ®

Fase	Potência	Rampa	Temp. máx.	Duração
Etapa 1	400 W	10:00 min	120 °C	05:00 min
Etapa 2	1280 W	15:00 min	200 °C	10:00 min
Resfriamento	---	---	---	20:00 min
Tempo total de digestão e resfriamento				60 min

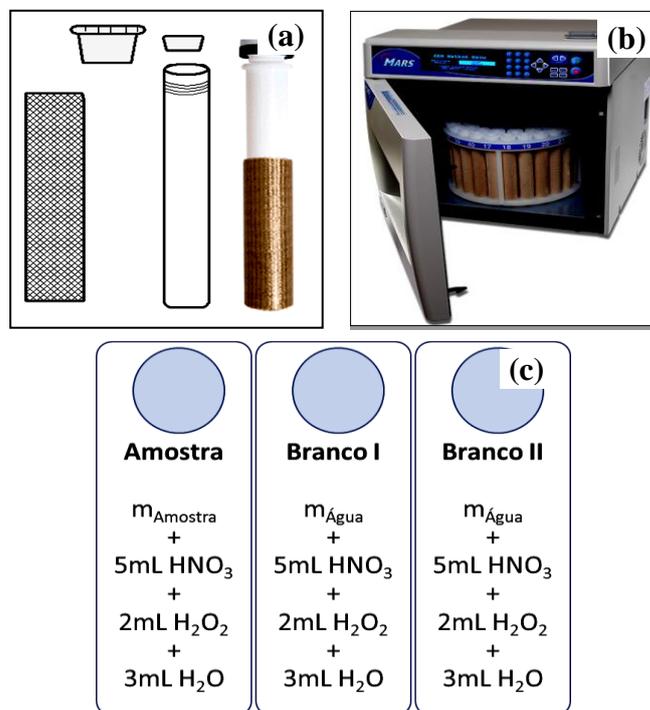


Figura 3. Processamento para digestão das amostras. a) Frasco reacional de teflon para forno de micro-ondas; b) Forno digestor utilizado; c) Composição das soluções digestoras para amostras e brancos. Foto: Jefferson Araujo, 2013

2.5. Procedimentos para digestão das amostras no IPEN

De cada amostra de peixe e camarão foi pesado uma massa de 0,3 a 0,5g, diretamente em um frasco de Teflon fechado da Savilex com capacidade de 25,3 mL. Em seguida, foram adicionados 4 mL de HNO₃ conc. e 1 mL de água oxigenada (H₂O₂) para a pré-digestão das amostras, durante todo o período da noite.

No dia seguinte, os frascos foram colocados no bloco digestor da TECNAL e as amostras foram digeridas em sistema fechado, em temperatura de 90 °C, por 3 h (FARIAS, 2006). Esse procedimento foi necessário para permitir uma digestão completa das amostras, devido ao alto teor de gordura presente. Após a digestão, os frascos foram colocados em banho de gelo até o completo resfriamento, e completado o volume para 25,3 mL com água Milli-Q.

Paralelamente, um “branco” foi preparado, constando de todos os componentes dos demais frascos, exceto a amostra (que teve sua massa substituída por água deionizada).

2.6. Quantificação dos níveis de concentrações dos metais nas amostras

A quantificação dos níveis de concentração do metal mercúrio total (Hg) nos peixes e no camarão foi determinado por meio da técnica de espectrometria de absorção com geração de vapor frio (CV AAS), realizado no IPEN/USP/SP. O método aplicado foi avaliado em termos de precisão, por meio da análise de materiais de referência com valores certificados para os elementos estudados.

Já as determinações de zinco, cádmio, chumbo e cobre foram realizadas por voltametria de onda quadrada (VOQ) em um potenciostato/galvanostato Autolab® PGSTAT 101 (Eco Chemie) (Fig. 4 a). A cela eletroquímica nas medidas era formada pelo eletrodo gotejante de mercúrio (trabalho), eletrodo de Ag/AgCl (referência) e eletrodo de platina (eletrodo auxiliar).

Os voltamogramas foram registrados utilizando como eletrólito suporte uma solução tampão acetato de sódio/ácido acético pH 4,5. A cada medida, 200 µL do digerido diluído eram adicionados a 15 mL de solução tampão. Os parâmetros instrumentais para a VOQ foram 60 s de purga com N₂, potencial de deposição de -1,1 V por 180 s, janela de potencial -1,1 V a 0,1 V e *step* de 0,01 V. As concentrações dos metais nas amostras foram determinadas pelo método de adição de padrão (RIBANI, 2004), utilizando-se soluções padrão de cada um dos metais determinados. Um teste de recuperação dos metais foi empregado na verificação da exatidão das determinações.

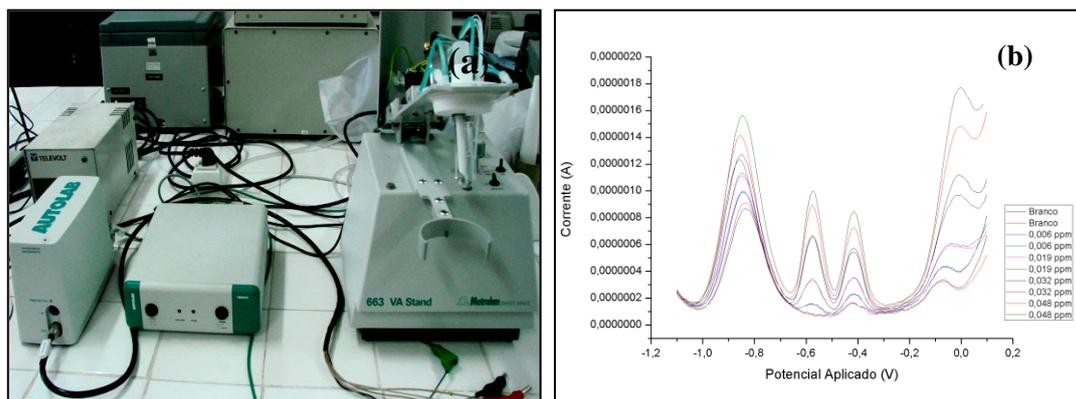


Figura 4. Potenciostato/Galvanostato Autolab® PGSTAT 101 (Eco Chemie) (a), Voltamograma mostrando a corrente vs. potencial gerado após leitura das amostras (b). Foto: Jefferson Araujo, 2013

2.7. Análises estatísticas dos dados

Primeiramente, os dados obtidos foram organizados em tabelas, sendo então consideradas matrizes. A matriz com os dados de concentrações médias de metais (Pb, Cd, Hg, Cu e Zn) nas amostras de peixes foi plotada em gráficos, sendo representados por espécie, como também, sazonalmente e por pontos de amostragem, nas áreas estudadas. Em seguida, a concentração média de cada metal foi distribuída em categorias tróficas funcionais (herbívora, onívora e carnívora), com a finalidade de observar a distribuição dos elementos tóxicos na cadeia alimentar nas áreas estudadas, e calcular a biomagnificação.

Aplicou-se uma PCA (Análise de Componentes Principais) aos dados obtidos, tendo como variáveis: a concentração média dos metais (Pb, Zn, Cd, Cu e Hg) e os valores médios dos fatores físicos e químicos na água (T °C, condutividade elétrica, salinidade, oxigênio dissolvido e pH) sobre as áreas estudadas, sendo calculados através do software “*The Unscrambler 9.7*”, com o intuito de verificar o comportamento das áreas estudadas com relação à distribuição de metais e dos fatores físicos e químicos na água ao longo do Rio Gramame.

Foi aplicada uma regressão múltipla com as variáveis, concentrações dos metais, médias dos comprimentos e pesos totais dos indivíduos por categorias tróficas funcionais (herbívora, onívora e carnívora) ao nível de 5% de significância entre as médias ($\alpha = 0.05$), sendo calculado no software *Biostat 5.0*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram quantificados os níveis de concentrações dos metais de cádmio (Cd) chumbo (Pb), zinco (Zn), cobre (Cu) e mercúrio total (Hg), em oito espécies de peixes e uma de camarão, amostradas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, o que revelou níveis de concentrações diferenciados entre as espécies predadoras e não predadoras nos pontos amostrados ao longo do Rio Gramame (Anexo 1).

Os resultados obtidos da concentração de metais nas espécies analisadas não atingiram os valores máximos tolerados pela legislação vigente (ANVISA, 1998), para a maioria dos metais em que os valores máximos permitidos por peso de peixes úmido variam entre os elementos, para o cádmio (Cd=1,0 mg/Kg), chumbo (Pb=2,0mg/Kg), cobre (Cu=3,0mg/Kg), zinco (Zn=5,0mg/Kg) e para o mercúrio total, que varia de concentração para espécies não predadoras (Hg=0,5mg/Kg) e espécies predadoras (Hg=1,0 mg/Kg). No entanto, alguns indivíduos de pacu (*M. lippincotyannus*) e carapeba (*E. brasilianus*) apresentaram contaminadas com chumbo, com valores acima do estipulado pela legislação. Esse resultado é positivo, demonstrando que, a maioria dos peixes na Bacia do Rio Gramame, não apresentaram níveis de contaminação que possam ser prejudiciais à saúde da população humana, mas as espécies contaminadas nos forneceram informações que serão divulgadas aos órgãos competentes, para que sejam tomadas providências no sentido de evitar o aumento da contaminação em seres humanos.

3.1. Quantificação das concentrações de metais em espécies não predadoras

3.1.1. Espécie *Prochilodus brevis*

A espécie *P. brevis*, capturada no ponto P8, a jusante do reservatório do Rio Gramame, é nativa do Rio Gramame e apresenta comportamento alimentar herbívoro com tendência a detritívoro. Desta espécie foram analisados indivíduos jovens que apresentaram comprimentos e pesos totais médios de $9,35 \pm 1,2$ cm e $32,3 \pm 11,2$ g em que foram detectados níveis de concentração inferiores aos limites máximos toleráveis para os metais de zinco, cádmio, chumbo, cobre e mercúrio total em peso úmido de peixe, de acordo com as normas da ANVISA (1998).

A concentração dos metais na amostra de *P. brevis* revelou diferenças entre as estações do ano. No período chuvoso, o nível de concentração de zinco foi maior do que do cobre, representando valores médios de Zn=1,44 mg/Kg; Cu = 0,33 mg/Kg por peso úmido

de peixe, seguindo um padrão de acumulação entre os metais analisados da maior para a menor concentração, da seguinte forma, Zn>Cu>Cd>Pb>Hg. Por outro lado, durante a estiagem, o metal cobre apresentou maior concentração que o zinco, com valores médios de Cu=1,27mg/Kg e Zn=0,57mg/Kg e o mercúrio apresentou concentrações muito inferiores aos outros elementos, sendo representado por 0,002 mgHg/Kg de peso úmido de peixe analisado (Fig. 5) indicando traços desses metais na espécie estudada.

Esta espécie acumulou 33 vezes mais concentrações de cádmio do que na espécie *M. lippincottianus*, e do metal cobre 32 vezes mais do que a espécie *R. quelen*, ambos no ponto P8 (Cd=0,33mg/Kg). No entanto, para os metais mercúrio e zinco, verificou-se uma menor bioacumulação que para as outras duas espécies.

O fato da maior concentração de cádmio e cobre por *P. brevis* é preocupante, visto que os indivíduos dos quais foi retirada a amostra para a análise de metais apresentaram tamanhos menores que os das outras duas espécies acima citadas. Isso pode significar que em indivíduos maiores, essa acumulação seja ainda maior.

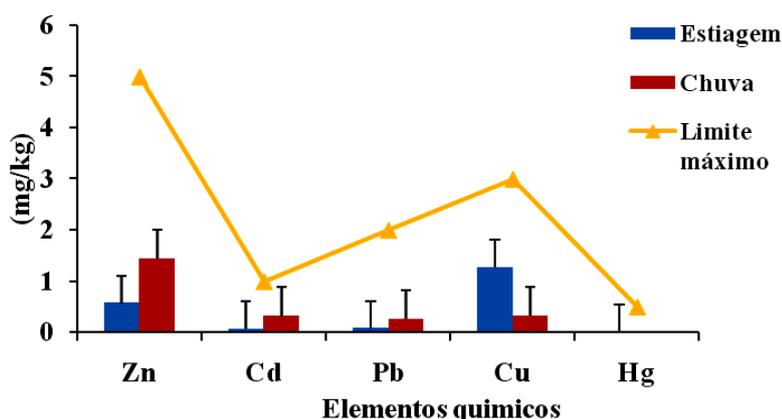
Os resultados obtidos para a espécie *P. brevis* relacionados com a contaminação por metal mercúrio no presente estudo, foram inferiores aos dados registrados por Kitahara et al., (2000), para uma espécie do mesmo gênero, *P. scrofa* do Riacho Grande, São Bernardo do Campo, Ibitinga/SP, que registraram a concentração de mercúrio de 0,02 mgHg/Kg, sendo 10 vezes superior à contaminação verificada para a espécie estudada no presente trabalho, analisando o músculo de espécimes de tamanhos semelhantes, o que demonstra que esse ambiente deve estar mais contaminado com mercúrio do que o Rio Gramame. No trabalho de Moraes et al., (1997), foram detectados valores médios similares do metal de mercúrio em indivíduos jovens e adultos da espécie *P. scrofa* encontrada em pontos diferentes do Rio Paraná/PR, registrando concentrações médias de 0,0027mgHg/Kg a 0,00182 mgHg/Kg de peso úmido de peixe.

Os resultados obtidos dos metais de zinco, cádmio e cobre na espécie estudada em estudo realizado por Gomes e Sato (2011), para outra espécie do mesmo gênero (*P. argenteus*), coletados a jusante da represa de Três Marias/MG, demonstraram concentrações médias diferenciadas entre os períodos de chuva e seca, para os metais Zn=0,004mg, Cd=0,00006mg, Cu=0,00029mg/Kg, sendo estas concentrações muito inferiores às registradas neste trabalho. Por outro lado, concentrações maiores de metais foram registrados por Teles (2008), para outra espécie do mesmo gênero, *P. nigricans*, no Rio Caiapó/Goiás, para metais de chumbo (Pb=1,828mg/Kg), cobre (Cu=1,712mg/Kg) e zinco (Zn=24,998 mg/Kg). Isso mostra que os peixes, como outros

organismos, são acumuladores de metais e esta bioacumulação é uma ferramenta importante na avaliação da qualidade das águas.

Os dados obtidos revelaram para a espécie estudada, que os níveis de concentração detectados, quando comparados com os limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos, estiveram dentro dos padrões permitidos pela legislação vigente, no entanto, em virtude dos animais amostrados serem de tamanhos pequenos (jovens) pode haver bioacumulação ao longo do tempo, aumentando com a idade. Considerando que esta espécie apresentou capacidade de bioacumulação dos metais cádmio e cobre várias vezes superior à de outras espécies, a mesma deveria ser monitorada para evitar risco de contaminação à população.

Diante dos resultados apresentados, o monitoramento da espécie *P. brevis* em relação às concentrações desses metais, deve ser realizado, principalmente em indivíduos de maiores tamanhos. Desse modo, o consumo desta espécie, no momento, não está comprometido, tendo-se como base os dados levantados pelo presente estudo.



5.

Figura 5. Valores médios de concentração de metais em *P. brevis* coletados a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, considerando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011, e o limite máximo permitido pela legislação para peixes não predadores

3.1.2. Espécie *M. lippincottianus*

O pacu (*M. lippincottianus*) é uma espécie alóctone, originária da bacia do Rio Amazonas, não predadora, sendo mais frequente na área a montante do que a jusante do reservatório do Rio Gramame, desse modo, foram analisados espécimes coletados apenas

no P4 e nos pontos P8 e P9, respectivamente, devido à maior abundância das espécies nesses pontos de coletas.

Foram analisados 30 indivíduos que apresentaram comprimentos e pesos totais médios de 11,3(±2cm) e 90(±3g), 7,0(±2cm) e 24,0(±2,5g), e 6,0(±0,21cm) e 24,0(±5g), respectivamente, de comportamento alimentar onívoro com tendência à insetivoria.

A espécie estudada apresentou níveis de concentração diferenciados entre os metais detectados nas áreas estudadas durante os períodos de chuva e estiagem, revelando um padrão de acumulação no ponto P4 de Zn>Cu>Cd>Pb>Hg, no ponto P8 Zn>Pb>Cu>Cd>Hg e no ponto P9 de Pb>Zn>Cu>Cd>Hg (Fig. 6).

Com exceção dos níveis elevados do chumbo (3,9 mg/Kg) e das concentrações elevadas de Zinco (3,64 mg/Kg) no ponto P9, situado a jusante do reservatório, que ultrapassaram os limites máximos toleráveis pela legislação vigente, todos os outros metais, cádmio, cobre e mercúrio total apresentaram concentrações traços, com valores médios variando entre os pontos analisados (Fig. 6), mas que foram inferiores aos limites máximos permitidos para peixes não predadores, conforme legislação estabelecida pela ANVISA (1998).

Verificou-se uma maior bioacumulação do metal zinco no P4 que nos outros pontos analisados. Já o chumbo apresentou maior bioacumulação à medida que se aproxima da foz, com concentrações maiores no ponto P9, com valores médios de 7,61 mg/Kg.

Os resultados apresentados no presente trabalho são semelhantes, em grande parte, aos valores obtidos por Pedreira Filho et al., (2008), com exceção da concentração do chumbo que revelou valores muito inferiores ($Pb < 0,1$). As concentrações dos metais de cádmio, cobre e mercúrio foram mais elevadas em espécies de peixes que apresentaram comportamento alimentar semelhante à da espécie estudada, como a tilápia (*O. niloticus*) e no mandi (*R. quelen*).

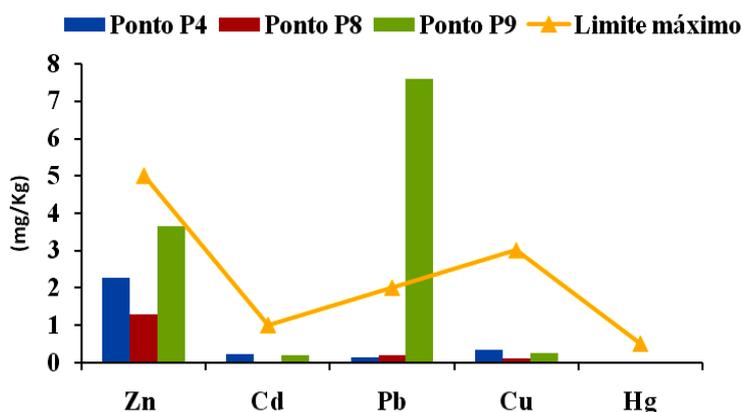


Figura 6. Valores médios da concentração de metais em *M. lippincottianus* coletada a jusante e a montante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, considerando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011 e o limite máximo permitido pela legislação para peixes não predadores

Os resultados obtidos nas amostras da espécie estudada no presente trabalho, quando comparados com os limites máximos permitidos para contaminantes inorgânicos em alimentos, segundo a ANVISA (1998) revelaram que a espécie encontra-se contaminada, acima dos valores permitidos pela legislação vigente pelo metal chumbo no ponto P9, de forma que o consumo da espécie está comprometido na área a jusante do reservatório, possivelmente, esteja relacionada com os resíduos industriais introduzidos na área estudada.

3.1.3. Espécie *Rhamdia quelen*

O jundiá (*R. quelen*) é uma espécie não predadora, que apresentou comportamento alimentar onívoro com tendência a herbívoro, na área a jusante do reservatório, no ponto P8, sendo representado por indivíduos jovens, com comprimentos e pesos totais médios 14,5 cm e 62 g, respectivamente.

As concentrações dos metais na espécie estudada não atingiram o limite máximo tolerável determinado pela ANVISA (1998), apresentando valores médios variando da maior para a menor concentração de metais apresentando um padrão de acumulação de Zn>Pb>Cd>Cu>Hg (Fig. 7).

Entre os metais analisados, o zinco foi o de maior concentração (Zn=1,55 mg/Kg) levando a uma bioacumulação desse metal na espécie na área a jusante do reservatório. Por outro lado, os outros elementos apresentaram concentrações muito inferiores ao zinco e

entre esses, o chumbo e o cádmio revelaram valores médios de 0,752mgPb/Kg, 0,16 mgPb/Kg, respectivamente, bem superiores às concentrações dos metais cobre e mercúrio detectados nas amostras (Cu=0,025mg/Kg e Hg=0,011 mg/Kg), indicando assim, uma baixa acumulação desses elementos na espécie estudada (Fig. 7). Apesar dos valores baixos, esta espécie acumulou mais mercúrio e chumbo, que a espécie *M. lippincottianu*, no ponto de coleta P8.

Resultados similares para a mesma espécie estudada foram revelados por Kasper et al., (2009), que detectaram baixas concentrações do mercúrio total no reservatórios do Sudoeste do Brasil, apresentando valores similares (Hg=0,0044 mg/Kg), sendo relatado que as concentração do mercúrio inorgânico decrescem entre os níveis tróficos. Outros autores encontraram resultados similares em peixes de água doce (WATRAS et al., 1998; PALERMO et al., 2002).

Os dados aqui apresentados demonstraram que o nível de contaminação por mercúrio total foi semelhante ao de outras espécies não predadoras, com exceção da espécie do camarão, *Pseudopaleomon* cf. *crhyseus* que apresentou valores de contaminação mais elevados (Hg=0,12 mg/Kg). No entanto, analisando os potenciais predadores, confirma-se a não biomagnificação deste metal ao longo da cadeia alimentar.

Acredita-se que a origem do zinco acumulado na espécie estudada, possivelmente, esteja relacionada com o uso desse elemento em indústrias, que liberam seus efluentes no ambiente estudado.

Sendo assim, o consumo dessa espécie pela população não está comprometida devido aos elementos tóxicos não terem atingidos os níveis máximos permitidos pela legislação vigente para peixes não predadores.

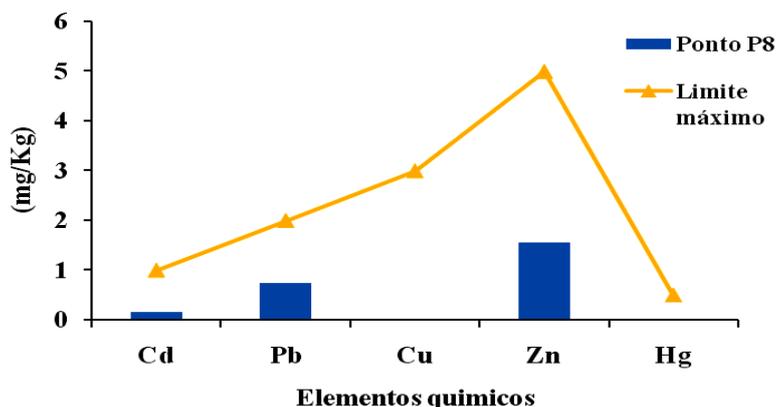


Figura 7. Valores médios de concentração de metais em *R. quelen* coletado a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, considerando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011 e o limite de máximo permitido pela legislação para peixes não predadores.

3.1.4. Espécie *Eugerres brasiliannus*

A carapeba, *E. brasiliannus*, é uma espécie não predadora, muito abundante a jusante do reservatório do Rio Gramame, que foi coletada apenas nos pontos P8 e P9, devido à sua maior abundância nestes pontos de coleta. Tendo os indivíduos analisados apresentado comprimentos e pesos totais médios de 11,5 cm e 51,15 g, 19,6 cm e 255,83 g, respectivamente.

Os resultados obtidos da quantificação dos metais apresentaram concentrações que variaram entre os pontos e as estações do ano (Fig.8).

No ponto P8, as concentrações dos metais na espécie analisada foram mais elevadas durante o período chuvoso, seguindo a seguinte ordem no padrão de acumulação de $Pb > Zn > Cu > Cd > Hg$, com destaque para o metal pesado chumbo que apresentou valor médio de 2,732 mgPb/Kg, sendo registradas concentrações acima do permitido pela legislação vigente para pescados não predadores, sendo o máximo valor de 2,0 mgPb/Kg de peso de peixe úmido (ANVISA, 1998).

A maior contaminação e bioacumulação por esse metal na espécie pode estar relacionada com o seu comportamento alimentar (Onívoro) que revela uma dieta alimentar ampla, consumindo detritos, vegetais, microcrustáceos e microalgas.

Segundo Mavropoulos (1999), o metal chumbo é um contaminante ambiental, que ocorre com o aumento das concentrações advindas do uso industrial, tendo a sua utilização na fabricação de canos para abastecimento d' água, revestimento de cabos elétricos, chapas para pias, cisternas e telhados. No distrito industrial tem cerca de 140 indústrias, de modo

que algumas delas podem ser responsáveis pela presença deste metal na Bacia do Rio Gramame.

As concentrações dos outros elementos químicos apresentaram valores médios menores que o permitido por lei, apresentando médias de zinco de $Zn = 2,62 \text{ mg/Kg}$, de cobre $Cu = 0,775 \text{ mg/Kg}$, e de cádmio de $Cd = 0,119 \text{ mg/Kg}$. Mesmo assim, a bioacumulação desses metais também ocorreu na espécie, mesmo que mais lentamente, levando a caracterizá-los como metais-traços nas amostras. Enquanto o metal mercúrio não apresentou acumulação por essa espécie no ponto de amostragem P8 ($Hg = 0,00 \text{ mg/Kg}$). No mesmo ponto de amostragem, durante o período de estiagem, as concentrações dos metais revelaram valores médios ainda menores, sendo representadas por um padrão de acumulação decrescente de $Zn > Cu > Pb > Cd > Hg$ e valores médios $Zn = 0,686 \text{ mg/Kg}$; $Cu = 0,213 \text{ mg/Kg}$, $Pb = 0,095$, $Cd = 0,026 \text{ mg/Kg}$, do mesmo modo que, no período de chuva, o metal mercúrio também não foi constatado na espécie estudada ($Hg = 0,00$).

No ponto P9, durante o período da estiagem, a espécie analisada apresentou baixas concentrações de metais, com valores médios de cádmio, chumbo e mercúrio por peso de peixe analisado, representados numa sequência decrescente na ordem de acumulação pela espécie $Hg > Cd > Pb$ e os seus respectivos valores sendo $Hg = 0,005 \text{ mg/Kg}$, $Cd = 0,002 \text{ mg/Kg}$ e $Pb = 0,001 \text{ mg/Kg}$. Entretanto, o metal mercúrio apresentou maior concentração que os outros elementos, mas muito abaixo do limite máximo permitido pela legislação vigente.

No ponto P8, verificou-se que esta espécie acumulou maior quantidade de cádmio e cobre que a espécie *M. lippincottianus* (4,5 vezes).

Os resultados deste estudo inferem a necessidade de cuidados referentes à saúde pública e ambiental, em função do potencial de toxicidade do chumbo, cujas concentrações apresentaram-se acima do permitido por lei na espécie analisada no ponto P8.

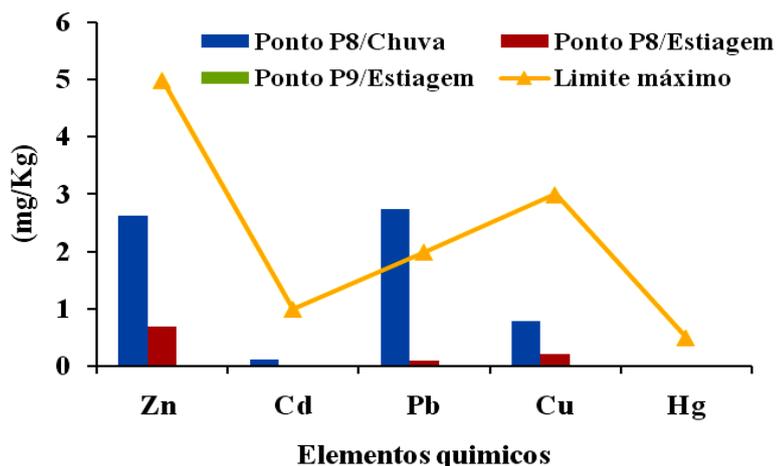


Figura 8. Valores médios de concentração de metais em *E. brasilianus* coletado a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, considerando os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011, e o limite de máximo permitido pela legislação para peixes não predadores

3.2. Quantificação das concentrações de metais em espécies predadoras

3.2.1. Espécie *Centropomus undecimalis*

O camurim, *C. undecimalis*, é uma espécie predadora, sendo representada na maioria por indivíduos jovens coletados a jusante do reservatório do Rio Gramame, nos pontos P7, P8 e P10, durante as estações de chuva e estiagem, apresentando comprimentos e pesos totais médios entre 14 e 20 cm e 137 e 158 g, respectivamente.

Os resultados obtidos das análises das concentrações dos metais no músculo do camurim registraram diferenças entre os pontos de amostragem e a sazonalidade da região (Fig.9).

No ponto P7 durante o período de estiagem, as concentrações variaram entre os elementos, sendo representados numa sequência decrescente por $Zn > Cu > Cd > Pb$, revelando valores médios baixos de $Zn = 2,6 \text{ mg/Kg}$, $Cu = 0,41 \text{ mg/Kg}$, $Cd = 0,30 \text{ mg/Kg}$ e $Pb = 0,27 \text{ mg/Kg}$ que apresentaram concentrações inferiores aos limites máximos determinados na legislação, o que revelou o não comprometimento no consumo da espécie pela população ribeirinha.

No período de chuva, no ponto P8, esses mesmos metais apresentaram concentrações menores, que variaram seguindo uma ordem decrescente no padrão de acumulação de $Zn > Cd > Cu > Pb$, apresentando valores médios de $1,05 \text{ mgZn/Kg}$, $0,046 \text{ mgCd/Kg}$, $0,033 \text{ mgCu/Kg}$ e $0,025 \text{ mgPb/Kg}$ de peso de peixe úmido.

No ponto P10 durante o período de estiagem, com exceção dos metais zinco e cobre que não foram detectados, as concentrações dos metais de mercúrio total, cádmio e chumbo foram muito baixas, sendo representadas por um padrão de acumulação decrescente de Hg>Pb>Cd, com valores médios de 0,0084 mgHg/Kg, 0,0036 mgPb/Kg e de 0,0002 mgCd/Kg, que não alcançaram os limites máximos permitidos pela legislação vigente.

Verificou-se que o P7, apresentou maior bioacumulação por parte desta espécie para zinco, chumbo e cobre que nos pontos P8 e P10. O ponto P7 está mais próximo do distrito industrial de João Pessoa, o que mostra o efeito dos efluentes das indústrias. A jusante desse ponto vai havendo diluição desses elementos, e os peixes acumularam menos à medida que se caminha para a foz do Rio Gramame.

Também se verificou diferenças sazonais, em que os organismos tiveram maior acumulação no período chuvoso que no período de estiagem. Isso pode significar que esses elementos estão entrando por lixiviação e também a agricultura seja responsável por esta contaminação.

Concentrações maiores de mercúrio total foram registrados por Ferreira (2006), em *Centropomus sp.* na Lagoa Rodrigo de Freitas/RJ, que detectou concentrações com valor médio de mercúrio de 0,025 mg/Kg no período de estiagem da região estudada. Já os dados obtidos por Ramos (2012), para a mesma espécie, *C. undecimalis*, da Baía de Todos os Santos/Bahia, revelaram concentrações de zinco menores, durante o período de estiagem e chuva (Zn=0,0015 mg/Kg e Zn=0,011mg/Kg, respectivamente), como também, a concentração de cádmio (Cd=0,0004mg/Kg). A Baía de Todos os Santos é uma área diretamente conectada com o mar, o que permite uma maior diluição, enquanto que os dados deste trabalho são de um estuário que entra no continente, mais restrito e com pouca ligação com o mar, esse deverá ser o motivo das menores concentrações registradas por esse autor.

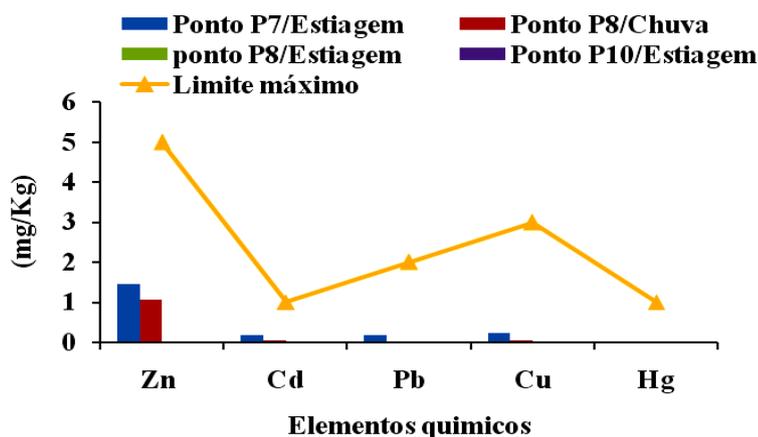


Figura 9. Valores médios da concentração de metais em *C. undecimalis* coletados a jusante do reservatório do Rio Gramame, Conde, PB, nas estações de chuva e estiagem do período de 2010 e 2011 e o limite máximo permitido pela legislação para peixes predadores

Comparando os valores de concentrações de metais entre o *C. undecimalis* e as espécies não predadoras, não se verificou biomagnificação. As baixas concentrações dos metais, principalmente, de cádmio e chumbo nos pontos a jusante do reservatório, em que era esperado as maiores concentrações entre os metais, mais especificamente na espécie *C. undecimalis*, por ser predadora, pode ser devido à ocorrência da espécie como visitante nos ambientes, por ser de origem marinha de águas costeiras, habitam estuários e ambientes de águas salobras. No período de desova, penetram em águas doces ou de baixa salinidade, utilizando esses ambientes como berçários nas diferentes fases de seu ciclo de vida (FIGUEIREDO e MENEZES 1980), como é o caso das águas nos pontos de coletas analisados. Sendo assim, é possível que esta espécie habite com mais frequência os pontos mais a jusante do Rio Gramame, não estando em contato permanente com as áreas e alimento dos locais mais próximos ao distrito industrial (pontos P6 e P7).

Com os resultados obtidos, verificou-se que a espécie *C. undecimalis* apresentou concentrações baixas de cádmio, chumbo, cobre, zinco e mercúrio total nos pontos P7, P8 e P10, não ultrapassando o limite estabelecido pela legislação vigente, logo não comprometendo o seu consumo pela população humana.

3.2.2. Espécie *Hoplias malabaricus*

Da traíra, (*H. malabaricus*), espécie predadora mais abundante nos pontos P4, P8 e P9, foram analisados indivíduos jovens com comprimentos e pesos totais médios de 14,5 cm e 112 g, e que apresentaram em sua dieta como item de maior frequência o camarão da espécie *Pseudopaleomon cf. crhyseus*.

Nos pontos de coleta amostrados apresentaram concentrações traços de Cd = 0,003 mg/Kg e Hg = 0,001mg/Kg de peso dos indivíduos avaliados, valores inferiores aos máximos determinados por lei, dessa forma, não apresentando contaminação por esses elementos, podendo ser consumido pela população local.

Os resultados obtidos registraram diferenças nas concentrações dos metais entre os pontos de amostragem, com maiores concentrações de cádmio, zinco e chumbo, nas regiões a jusante do reservatório (P8 e P9) que nas da montante (P4). Por outro lado, as concentrações bioacumuladas de mercúrio foram mais elevadas no P4 (Hg = 0,011 mg/Kg que nos outros pontos de amostragem).

Em relação à sazonalidade da região, também se verificaram diferenças, com concentrações mais elevadas de cádmio, zinco e chumbo no período de estiagem que no período chuvoso (Fig. 10).

A concentração entre os metais no ponto P8, seguiu um padrão decrescente de acumulação Zn>Cu>Cd>Pb>Hg. Barbosa et al., (2003), no Rio Negro, Amazônia, registraram níveis mais elevados de mercúrio total (Hg = 0,120 mg/Kg) para a mesma espécie estudada no presente trabalho. Valores mais elevados comparado com os resultados aqui descritos, também foram apresentados por Rocha et al., (1985), na Represa de Billings/SP para a mesma espécie estudada, para os metais cobre, mercúrio e zinco, no entanto, as concentrações obtidas para esta espécie no Rio Gramame, foram mais elevadas para o cádmio e semelhantes para o chumbo.

Conclui-se que a espécie analisada apresenta concentrações de metais, sendo de mercúrio a montante e de cádmio, chumbo e zinco a jusante, embora inferiores aos limites máximos permitidos pela legislação vigente.

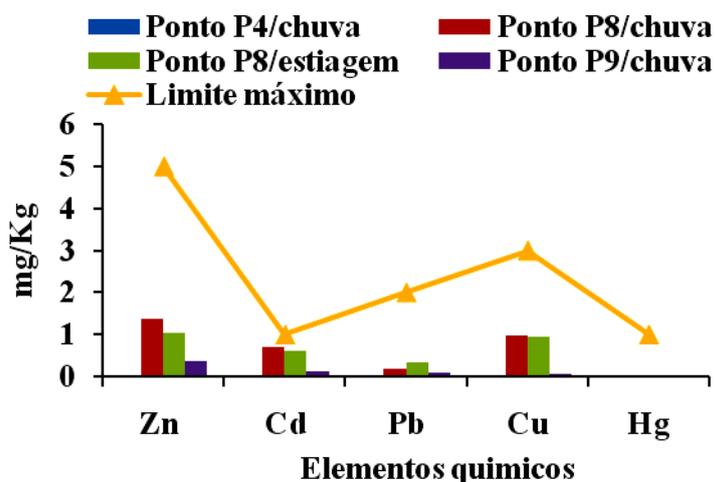


Figura 10. Valores médios de concentração de metais em *H. malabaricus* coletados a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, nas estações de chuva e estiagem do período de 2010 e 2011 e o limite máximo permitido pela legislação vigente para peixes predadores

3.2.3. Espécie *Cichla ocellaris*

O tucunaré (*C. ocellaris*) como os indivíduos coletados não foram representativos na área a jusante do reservatório, os espécimes analisados foram os coletados no reservatório, mais especificamente, nos pontos P4 e P5, perfazendo um total de 20 espécimes, que apresentaram comprimentos e pesos totais, variando entre 14,7 a 24,1 cm e 58,7 a 382 g, respectivamente. Esta espécie evidenciou em sua dieta, o item camarão da espécie *Pseudopaleomon cf. crhyseus*.

A quantificação dos níveis de concentrações dos metais nos indivíduos de *C. ocellaris* revelou uma baixa contaminação no tecido muscular da espécie estudada nos dois pontos de coleta analisados, apresentou traços de dois metais que mostraram um padrão decrescente de acumulação na espécie da seguinte forma: Hg>Cd, com valores médios entre os elementos de mercúrio 0,12 mg Hg/Kg e cádmio 0,005 mgCd/Kg, que não comprometem o consumo para a população humana na área a montante do reservatório (Fig. 11).

No ponto P5, os valores médios de concentração de todos os metais foram mais elevados que no ponto P4, sendo os metais de zinco, chumbo e cobre não detectados na espécie analisada no P4. A quantificação dos níveis de concentração dos metais revelou um padrão de acumulação no tecido muscular da espécie *C. ocellaris* assim representada: Zn>Pb>Cu>Hg>Cd (Fig. 7). Como o ponto P4 é o início do reservatório e o ponto P5 é o

final, verifica-se que existe um acúmulo de metais neste ambiente, não sendo o distrito industrial o responsável pela contaminação, visto que se encontra a jusante da represa, devendo ser o cultivo da cana-de-açúcar.

Mesmo que o nível do metal chumbo detectado na espécie avaliada no presente estudo tenha sido baixa ($Pb = 0,066 \text{ mg/Kg}$) na área a montante do reservatório, tem-se registro da concentração desse metal na água do reservatório de Gramame em resultados apresentados por Machado et al., (2003). As concentrações do chumbo, variaram entre 0,002 e 0,16 mgPb/L , sendo o primeiro valor considerado abaixo do limite máximo estabelecido pela Resolução de nº 357/2005 do CONAMA, e o segundo fora dos padrões estabelecidos pela Resolução citada para classe 2 da água para abastecimento em comunidades.

Os resultados obtidos da concentração do metal mercúrio total registrados por Padovani et. al (1995), no Rio Madeira/RO para outra espécie do gênero *Cichla* (*C. temensis*) revelaram concentrações cerca de duas vezes mais elevadas ($Hg = 0,028 \text{ mg/Kg}$), revelando que o Rio Madeira está mais contaminado por este metal que o Rio Gramame. De forma contrária, Barbosa et. al (2003), detectaram concentrações menos elevadas do que no presente estudo para espécies *Cichla* spp. do Rio Negro, que apresentaram valores médios de mercúrio de 0,0039 mg/Kg , com correlação positiva ($r = 0,4600$; $p < 0,0001$) entre o peso do peixe e a concentração do metal mercúrio.

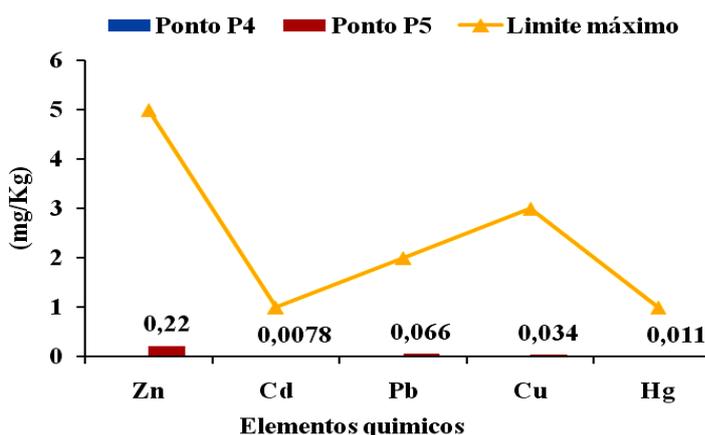


Figura 11. Distribuição dos valores médios de concentração de metais em *C. ocellaris* coletados a montante do reservatório do Rio Gramame, durante as estações de chuva e estiagem de 2010 e 2011 e o limite máximo permitido pela legislação para peixes predadores

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que as concentrações dos metais analisados (Cd, Pb, Zn, Cu e Hg) na espécie estudada, foram detectadas em concentrações traço no tecido muscular e não atingiram o limite máximo permitido para peixes predadores, de forma que não comprometem o consumo humano na área a montante do reservatório do Rio Gramame, conforme a legislação vigente.

3.3. Bioacumulação de metais entre as categorias tróficas

Para a análise da bioacumulação pelos metais zinco, cádmio, chumbo cobre e mercúrio total na cadeia alimentar, todas as espécies foram distribuídas em três categorias tróficas, herbívora, onívora e carnívora, evidenciadas a partir da constatação da dieta das espécies, *H. pusalum*, *P. brevis*, *M. lippincottianus*, *R. quelen*, *E. brasiliensis*, *H. malabaricus* e *C. undecimalis* nas áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame.

3.3.1. Categoria trófica Herbívora

A categoria Herbívora foi representada a montante pela espécie *H. pusalum* no ponto P4, apresentando concentrações traço dos metais detectados, que representaram um padrão decrescente de acumulação de Hg > Cd com valores médios de concentrações de Hg = 0,018 mg/Kg; Cd = 0,0007 mg/Kg com exceção do zinco, cádmio e cobre que não foram constatados na amostra (Fig.12).

A jusante do reservatório, a categoria herbívora foi representada nos pontos P8, P9 e P10 pela espécie do curimatã (*P. brevis*) nos períodos de chuva e estiagem, que apresentou concentrações muito baixas dos metais detectados, apresentando um padrão de acumulação de Zn>Cu>Pb>Cd>Hg, e Cu>Zn>Pb>Cd>Hg, respectivamente, com registros de valores médios para esses elementos de Zn = 1,1 mg/Kg; Cu = 0,25mg/Kg; Pb = 0,15 mg/Kg; Cd = 0,13 mg/Kg e Hg = 0,0013 mg/Kg, e Cu = 1,36 mg/Kg; Zn = 0,64 mg/Kg; Pb = 0,080 mg/Kg; Cd = 0,074 mg/Kg e Hg = 0,004 mg/Kg, respectivamente (Fig. 12).

A análise de regressão dos comprimentos e pesos totais e as concentrações dos metais detectados nas espécies representantes da categoria trófica herbívora da área a montante do reservatório, revelou que não houve correlação significativa entre o metal mercúrio total e os comprimentos e pesos totais das espécies ($t=1.9033$ $p=0.3079$ e $t = 1.0719$, $p = 0.4779$, respectivamente), sendo que a jusante do reservatório apresentou

correlação significativa ($t=11.6104$, $p=0,0547$) e ($t=12.8148$, $p=0,0497$, respectivamente) entre os comprimentos e os pesos totais das espécies avaliadas.

A espécie *P. brevis* apresentou comprimentos e pesos totais entre 10,2 cm e 40,2 g a 27,8cm e 768g, respectivamente. Assim, quanto maior for o tamanho dos indivíduos maior será o incremento do metal pesado nas espécies avaliadas.

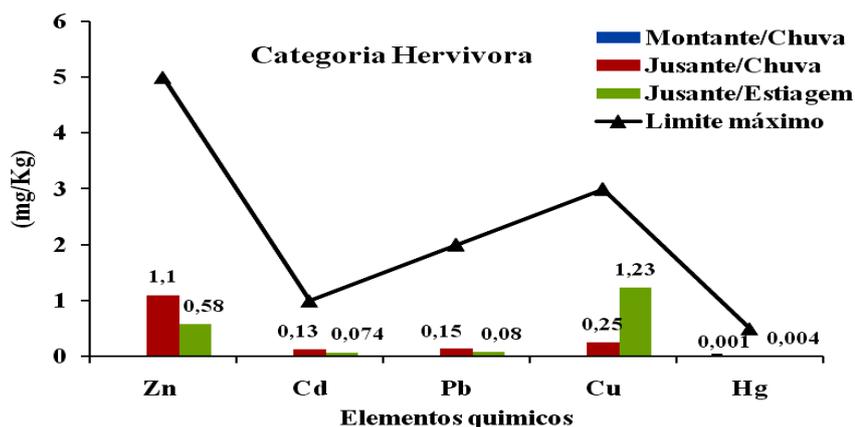


Figura 12. Distribuição dos valores médios dos metais na categoria trófica herbívora nas áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

Conclui-se, a partir dos resultados obtidos que, os teores de metais detectados nas espécies revelaram concentrações traços na categoria herbívora na área a jusante do reservatório, logo, as concentrações dos metais não atingiram o limite máximo permitido pela legislação vigente, que dessa forma, não compromete o consumo pela população das espécies *P. brevis* na área estudada. Também se verificou que o peso e o comprimento dos indivíduos apresentaram correlação significativa com a concentração dos metais analisados, apenas a jusante, talvez por nesta área os metais apresentarem concentrações mais elevadas, ou por os indivíduos a jusante serem maiores, o que facilita a biomagnificação ao longo do tempo.

3.3.2. Categoria trófica Onívora

A montante do reservatório a categoria trófica onívora foi representada pela dieta da espécie *M. lippincotiannus* capturados no ponto de coleta P4, que apresentou um padrão de acumulação dos níveis dos metais durante o período de chuva de $Zn > Cu > Cd > Pb > Hg$ (Fig. 13), sendo representados pelos valores médios de $Zn = 2,267$ mg/Kg; $Cu = 0,32$

mg/Kg; Cd = 0,12 mg/Kg; Pb = 0,08 mg/Kg; Hg = 0,007mg/Kg. Por outro lado, no período de estiagem, com exceção dos metais cádmio, cobre e zinco que não foram detectados nas amostras de peixes, os demais elementos apresentaram concentrações inferiores às do período chuvoso (Fig. 13) registrando valores médios de Pb = 0,002 mg/Kg e Hg = 0,002 mg/Kg.

A jusante do reservatório, a categoria onívora foi representada pela dieta das espécies *M. lippincotiannus*, *R. quelen* e *E. brasiliannus*, capturadas nos pontos P8, P9 e P10, durante o período de chuva. Estas espécies apresentaram um padrão de acumulação entre os níveis dos metais de Zn>Pb>Cu>Cd>Hg com valores médios de Zn = 2,267 mg/Kg, Cu = 0,32 mg/Kg, Cd = 0,12 mg/Kg e Hg = 0,007 mg/Kg. Já, no período de estiagem, revelaram um padrão decrescente de acumulação diferenciado, com Zn>Cu>Pb>Hg>Cd, com valores médios de Zn = 0,69 mg/Kg, Cu = 0,21 mg/Kg, Pb = 0,024 mg/Kg, Hg = 0,0093 mg/Kg, Cd = 0,0053 mg/Kg.

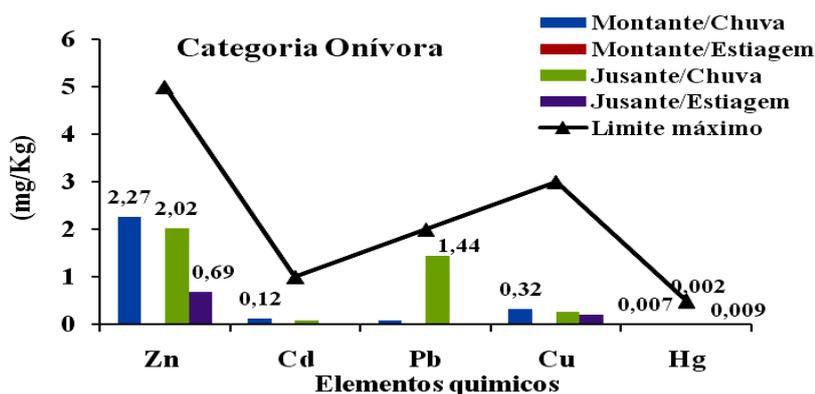


Figura 13. Distribuição dos valores médios dos metais na categoria trófica onívora nas áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

A análise de regressão com os comprimentos e pesos totais e as concentrações dos metais revelaram que não houve correlação significativa entre os metais testados no crescimento das espécies.

Conclui-se que, a partir dos resultados obtidos, com exceção do metal chumbo na área a jusante do reservatório durante o período chuvoso, que ultrapassou o limite máximo permitido pela legislação vigente, os demais metais tendem a acumular-se mais lentamente entre as espécies da categoria onívora, por terem sido detectados em concentrações mais

baixas. Desse modo, as espécies da categoria onívora estão mais contaminadas pelo metal pesado chumbo.

3.3.3. Categoria trófica Carnívora

A montante do reservatório a categoria trófica carnívora foi representada pela dieta das espécies *C. undecimalis*, *H. malabaricus*, *C. ocellaris* capturados nos pontos de coleta P4, P8 e P9, e que apresentaram concentrações de zinco e cobre relativamente superiores na área a jusante nos períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011, no entanto nenhum dos elementos atingiu os limites máximos permitidos, o que não restringe o seu consumo, no momento.

Desse modo, a montante do reservatório no período de chuva as concentrações dos metais analisados apresentaram um padrão de acumulação nas espécies da categoria carnívora na ordem de Zn>Cu>Pb>Cd>Hg, com valores médios de Zn = 0,22 mg/Kg, Cu = 0,034 mg/Kg, Pb = 0,023 mg/Kg, Cd = 0,002 mg/Kg, Hg = 0,01 mg/Kg (Fig. 14).

A jusante do reservatório, durante os períodos de chuva e estiagem, os teores dos metais foram representados por concentrações traços, com um padrão de acumulação semelhante na categoria entre os períodos de chuva e estiagem, de Zn>Cu>Cd>Pb>Hg, diferenciando entre os valores médios: Zn = 0,94 e 0,65 mg/Kg, Cu = 0,36 e 0,47 mg/Kg, Cd = 0,22 e 0,14 mg/Kg, Pb = 0,09 e 0,098 mg/Kg, Hg = 0,009 e 0,001 mg/Kg, respectivamente (Fig. 14).

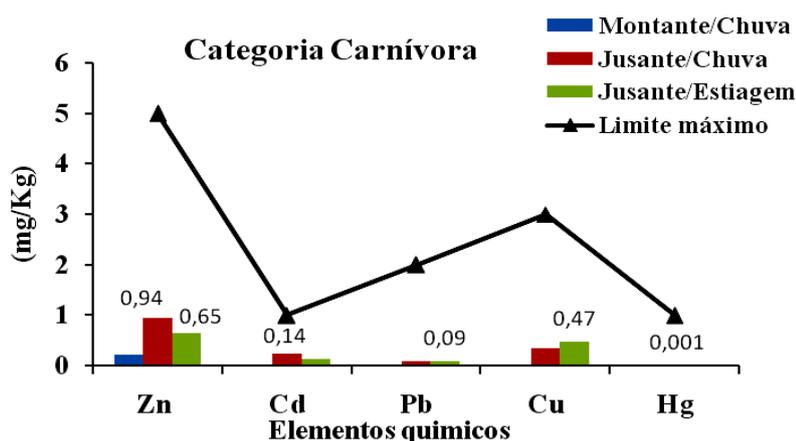


Figura 14. Distribuição dos valores médios dos metais na categoria trófica carnívora nas áreas a montante e a jusante do reservatório do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 e 2011

As análises de regressão múltipla com as concentrações dos metais sobre os comprimentos e pesos totais revelaram que, não houve correlação significativa dos metais testados com o crescimento das espécies analisada nas áreas estudadas.

Conclui-se, a partir dos resultados obtidos, que a área a jusante apresentou maior concentração de cobre e zinco na categoria herbívora, enquanto que na categoria onívora a maior contaminação foi com o metal zinco e chumbo. Entre os carnívoros o acúmulo maior foi de zinco e cobre, mesmo sem atingir os valores máximos toleráveis estabelecidos pela legislação vigente.

A jusante verificou-se um padrão diferenciado, as concentrações de zinco em carnívoros foram superiores às de onívoros (1,3 vezes) e inferior às de herbívoros (1,2 vezes), embora a diferença tenha sido muito pequena. O cobre apresentou valores mais elevados nos herbívoros, principalmente no período de estiagem, mas os onívoros apresentaram menores concentrações (2 vezes), que os carnívoros, que por serem mais representativos no ambiente, pode significar uma biomagnificação ao longo da cadeia alimentar. É possível que a flora do Rio Gramame esteja direcionando o zinco e cobre para os peixes herbívoros, estando estes acumulando mais zinco que os peixes onívoros. Por serem estes últimos em maior diversidade e serem presas mais comuns dos carnívoros, estes recebem menos zinco do que se alimentassem de herbívoros.

O cádmio apresentou um aumento de concentrações no músculo dos carnívoros em relação aos herbívoros de 1,75 vezes, mas nos onívoros essa biomagnificação foi mais elevada, de cerca de 40 vezes.

O chumbo apresentou-se mais elevado em herbívoros que em carnívoros (1,7 vzes). Já os onívoros apresentaram 16 vezes mais concentrações que os carnívoros.

Essa diferença nos valores de biomagnificação entre as regiões de montante e jusante pode estar relacionado com as concentrações em que esses metais foram registrados no ambiente, visto que a montante o único em que se verificou alguma magnificação foi o mercúrio, que foi mais abundante nesse local, enquanto que nos outros, só se verificou biomagnificação a jusante, onde estes foram mais abundantes.

3.4. Análises de componentes principais (PCA)

A análise de componentes principais (PCA) expressou uma tendência das áreas estudadas (a montante e a jusante do reservatório) diferirem quanto à acumulação por metais na cadeia alimentar da ictiofauna e as condições físicas e químicas da água (Fig. 15).

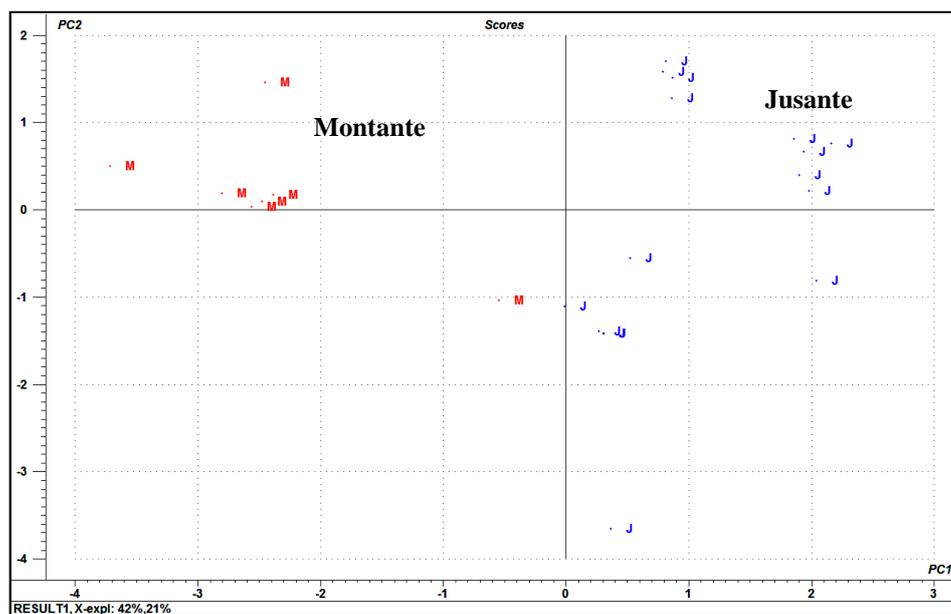


Figura 15. Análise de componentes principais (PCA) entre as áreas de estudo e as concentrações de metais (Cd, Pb, Cu, Zn, Hg) na cadeia alimentar da ictiofauna (M= Montante); (J= Jusante)

A PCA também revelou que dentre os metais detectados, o mercúrio total (Hg) apresentou uma tendência a uma maior acumulação na cadeia alimentar da ictiofauna na área a montante do reservatório, associado a temperatura e o oxigênio dissolvido na água, que diferiram entre as áreas estudadas (Fig. 16).

De acordo com a Figura 16, os resultados obtidos pela PCA mostraram que os metais, chumbo (Pb) e cádmio (Cd) apresentaram um padrão de bioacumulação diferenciado entre os demais na cadeia trófica da ictiofauna, associado ao nível de salinidade e pH na água, relacionado com a influência do estuário nos pontos de coleta na área a jusante do reservatório do Rio Gramame.

A detecção do metal mercúrio mesmo que em concentrações traço na cadeia alimentar na área a montante do reservatório, segundo Miranda et al., (2009), pode estar relacionado com a sua distribuição no solo da bacia hidrográfica, no caso, a Bacia do Rio Gramame, que passa a agir como filtro natural, retendo grande parte do mercúrio aportado com as águas da chuva.

A maior bioacumulação dos metais de chumbo e zinco nas espécies de peixes na área a jusante do reservatório do Rio Gramame, possivelmente seja decorrentes da inserção de efluentes industriais de diversas indústrias presentes no distrito industrial de João Pessoa/PB, que introduzem ao longo do Rio Gramame e de seus afluentes, o Rio Mumbaba

e Rio Mussuré, provocando uma maior contaminação por esses metais pesados na região estudada (ABRHAO, 2006).

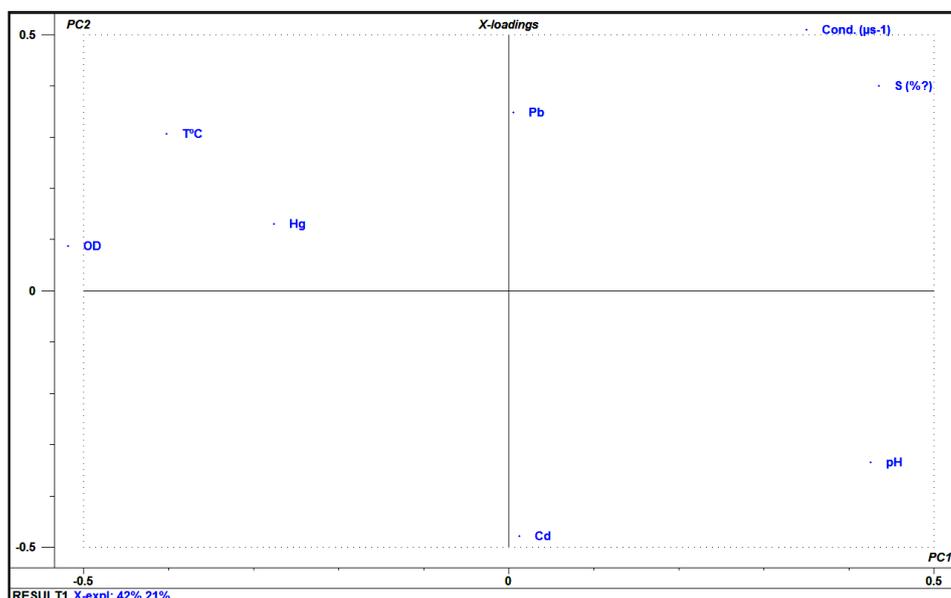


Figura 16. Análise de componentes principais (PCA) entre as variáveis das concentrações de metais (Cd, Pb, Cu, Zn, Hg) na cadeia alimentar da ictiofauna e os parâmetros físicos e químicos da água nas áreas estudadas. (OD=Oxigênio dissolvido, T°C=Temperatura da água, Cond.^(µs-1)=Condutividade elétrica da água, S(%o)=Taxa de salinidade da água, Hg=Metal de mercúrio, Pb=Metal de chumbo, Cd=Metal de cádmio)

3.5. Biomagnificação dos metais entre os níveis tróficos da cadeia alimentar

Quando comparado entre os níveis tróficos, as espécies mais contaminadas não apareceram nos valores médios, por conta da presença de espécies menos contaminadas. Assim, a Figura 17 apresenta um esquema demonstrativo de alguns metais em que se verificou maior contaminação no predador do que nas presas. As setas indicam o caminho da contaminação e os números, o número de vezes que a contaminação é superior no predador em relação à presa.

metais vão se acumulando com a idade, e com isso é possível que indivíduos maiores possam estar mais contaminados, sendo assim, esta espécie deveria ser monitorada com mais frequência, para ver se entraria na lista de espécies impedidas de pescar por conta do risco de contaminação.

A dificuldade de realizar as análises de metais nos peixes acarretou a não obtenção de dados que permitissem conclusões mais apuradas. Outros estudos deverão ser realizados, considerando todos os pontos amostrados nos dois períodos sazonais, com comparações entre indivíduos de tamanhos semelhantes e/ou diferentes, desse modo, fazem-se necessários para uma análise mais precisa sobre a biomagnificação de metais na ictiofauna da bacia do Rio Gramame.

No entanto, com os dados obtidos foi possível determinar pontos ao longo do rio em que os peixes estão mais contaminados e espécies que apresentam maior bioacumulação. A acumulação de metais é diferenciada para as espécies analisadas, ou seja, algumas espécies acumulam mais determinado metal, enquanto outras acumulam outros.

Além disso, como os metais são cumulativos e como as atividades antropogênicas continuam sendo realizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame, é importante que outros monitoramentos e estudos ecotoxicológicos sejam realizados, para que toxicidade diretamente ou não dependente de metais pesados seja detectada em concentrações que atinjam valores de contaminação superiores ao máximo permitido pela legislação vigente, e dessa forma, alertar as populações ribeirinhas, para que não capture essas espécies, devido o risco de contaminação que a população humana pode correr.

5. CONCLUSÃO

No ponto P5, apenas a espécie *C. ocellaris* (tucunaré) foi registrada, devido a mesma ser um predador voraz, dizimador do restante das outras espécies, ocasionando a redução na diversidade de espécies principalmente, nativas, enquanto que nos P6 e P7, mais próximos do distrito industrial de João Pessoa/Conde, muito poucas espécies foram encontradas, levado pelo *stress* provocado pela introdução dos poluentes tóxicos ambiental.

Os resultados obtidos no presente trabalho revelaram que ao longo da bacia do Rio Gramame, há contaminação por metais-traço, principalmente, chumbo, zinco e cobre, que se encontram disponíveis à biota, sendo assimilados e armazenados em seus tecidos musculares, por processos de bioacumulação.

A região a montante apresentou uma maior concentração de mercúrio que a região a jusante, enquanto que os outros metais (zinco, cobre, chumbo e cádmio), foram mais abundantes na região a jusante do Rio Gramame. Também, constatou-se que, algumas espécies acumulam mais metais que outras, principalmente, da categoria herbívora (*H. pusarum* e *P. brevis*).

Desse modo, as hipóteses testadas foram contempladas no decorrer da pesquisa, sendo assim, aceitas quanto ao cumprimento das propostas submetidas para o presente trabalho.

6 . PROPOSTAS PARA A GESTÃO PÚBLICA DA PESCA NA REGIÃO

Após as análises de bioacumulação de metais em peixes presentes na bacia do Rio Gramame, propõe-se que a espécie *P. brevis* não sejam pescadas na região a jusante do reservatório, devido apresentar maior contaminação pelos metais chumbo e zinco acima do limite permitido pela legislação. Lembramos que este limite foi estipulado, para o resguardo da saúde humana, visto que a contaminação pelo metal chumbo pode provocar efeitos diversos sobre o sistema nervoso, como irritabilidade, cefaléia, tremor muscular, alucinações, perda da memória e capacidade de concentração, esses sintomas podem progredir até convulsões, paralisias e levar ao coma.

Em virtude da espécie *P. brevis* não conseguir transpor a barragem para completar o ciclo reprodutivo (não foi coletada a montante do reservatório), provavelmente, esteja reproduzindo em riachos, sujeitos a impactos ambientais. Desse modo, propõe-se que no período reprodutivo da referida espécie (período chuvoso, de maio a junho), seja criado o período de defeso para a mesma na região.

REFERÊNCIAS

ABDALLAH, M.A.M. Trace element levels in some commercially valuable fish species from coastal Waters of Mediterranean Sea, Egypt. **Journal of Marine Systems**, v.73, p.114-122, 2008.

ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A. & GOULART, E. Plasticidade trófica em peixes de água doce. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 2, p. 425-434, 2001.

ABRAHÃO, R. **Impactos do lançamento de efluentes na qualidade da água do Riacho Mussuré**. (Dissertação Mestrado). UFPB/PRODEMA. João Pessoa, 140p. 2006.

AGOSTINHO, A. A.; JÚLIO JR, H.F. Ameaça ecológica: peixes de outras águas. **Ciência Hoje**, v.21, n.124, p.36-44, 1996. AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, f. M.; GOMENS, I. C. Dams and the fish fauna of the Neotropical region: impacts and management related to diversity and fisheries. **Brazilian Journal of Biology**, v. 68, n.4, suppl. p.1119-1132. 2008.

AGOSTINHO, A. A.; PELICICE, F. M.; MARQUES, E. E. **Reservatório de peixe angical: bases ecológicas para o manejo da ictiofauna**. São Carlos, RiMa. 188p. 2009.

AGOSTINHO, A. A.; THOMAZ, S.M.; GOMES, L. C. **Conservação da biodiversidade em águas continentais do Brasil**. Megadiversidade. Eds. TOMAZ, S.M.; GOMES, L.C. v. 1, n. 1. 70p. 2005.

AGOSTINHO, A.A., BARBIERI, G., VERANI, J.R.; HANH, N.S. Variação do fator de condição e do índice hepatossomático e suas relações com o ciclo reprodutivo em *Rhinelepis aspera* (Agassis, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) no rio Paranapanema, Porecatu, PR. **Ciênc. Cult.** V.42, n.9, p.711-714, 1990.

ANDERSON, R.O.; GUTREUTER, S.J. Length, weight, and associated structural indices. In: NIELSEN, L.A.; JOHNSON, D.L. (Eds.) **Fisheries Techniques**. Bethesda: American Fisheries Society. p.283-300.

ANVISA. Agencia Nacional de Vigilancia Sanitaria. Portaria n° 685, de 27 de agosto de 1998. Limites máximos de tolerância para contaminantes inorgânicos em alimentos. Publicada no Diário Oficial da União de 27/08/2008. BRASIL. Acesso em 10 de jun. 2012.

ARAUJO, S.A.A.; GURGEL, H.C.B.; SOARES, R.S. Indicadores do desenvolvimento gonadal e nutricional de *Prochilodus cearensis* (Steindachner, 1911) (Characiformes, Prochilodontidae) no açude Itans/Caicó, Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences** Maringá, v. 25, n. 2, p. 377-384, 2003.

ARENAS-GRANADOS, P.; ACERO, A.P. Organización trófica de las mojarra (Pisces: Gerreidae) de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano). **Rev. Biol. Trop.**, v. 40, n.3, p. 287-302, 1992.

BARBIERI, G.; SALLES, F.A.; CESTAROLLI, M.A. Análise populacional do curimatá, *Prochilodus lineatus* do rio Mogi Guaçu, Pirassununga (Characiformes, Prochilodontidae). **B. Inst. Pesca**, v.26, p.17-25, 2000.

BARBIERI, G.; SANTOS, M.V.R.; SANTOS, J.M. Época de reprodução e relação peso/comprimento de duas espécies de *Astyanax* (Pisces, Characidae). **Pesquisas Agropecuárias Brasileira**, v.17, n.7, p. 1057-1065, 1982.

BARBOSA, A.C.; SOUZA, J.; DÓREA, J.G.; JARDIM, W.F.; FADINI, P.S. Mercury biomagnification in a tropical black water, Rio Negro, Brazil. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** v. 45, p. 235-246. 2003.

BARRELLA, W.; PETRERE J.M.; SMITH, W.S.; MONTAG, L.F.A. As Relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. PUC-SP, IC, 2000.

BELTRÃO, G. B. M.; MEDEIROS, E.S.F.; RAMOS, R.T.C. Effects of riparian vegetation on the structure of the marginal aquatic habitat and the associated fish assemblage in a tropical Brazilian reservoir. **Biota Neotrop.**, v. 9, n. 4, p. 37-43. 2009.

BENEDITO-CECILIO, E.; AGOSTINHO, A.A. Estrutura das populações de peixes do reservatório de Segredo. Cap. 7, p. 113-139. In: Agostinho, A.a. & Gomes, L.C. **Reservatório de Segredo: Bases Ecológicas para o manejo**. Maringá, EDUEM. 387p. 1997.

BENNEMANN, S.T., GALVES, W.; CAPRA, L.G. Recursos alimentares utilizados pelos peixes e estrutura trófica de quatro trechos no reservatório Capivara (Rio Paranapanema). **Biota Neotrop.** v.11, n.1, 2011.

BICUDO, C. E.M.; MENEZES, M. **Gênero de algas de águas continentais do Brasil**. Chave para identificação e descrição. Ed. Rima, @ Ed., 2006.

BICUDO, C.E.M.; BICUDO, R.M.T. **Algas de águas continentais brasileiras**. Chave ilustrada para identificação de gêneros. Fundação Brasileira para o desenvolvimento do ensino de Ciências. Ed. USP, São Paulo, 228p. 1970.

BJERREGAARD, P.; ANDERSEN, O. Ecotoxicology of metals – sources, transport, and effects in the ecosystem. *In*: NORDBERG, G.F. et al. (Ed.). **Handbook on the toxicology of metals**. 3.ed. San Diego, California: Cap.13, p.251-280. 2007.

BORGES, L.S.; FARIA, B.M.; ODEBRECHT, C.; ABREU, P.C. Potencial de absorção de carbono por espécies de microalgas usadas na aquicultura: Primeiros passos para o desenvolvimento de um “Mecanismo de desenvolvimento limpo” **Rev. Atlântica**, Rio Grande, v. 29, n.1, p. 35-46, 2007.

BRAGA, F.M.S. Aspectos da reprodução e alimentação de peixes comuns em um trecho do rio Tocantins entre Imperatriz e Estreito, Estados do Maranhão e Tocantins, Brasil. **Rev. Bras. Biol.**, Rio de Janeiro, v.50, n. 3, p. 547- 558, 1990.

BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. Departamento de Produção Mineral. Folhas SB. 24/25, Jaguaribe/ Natal. Ministério de Minas e Energia (Levantamento de Recursos Naturais, 23). Rio de Janeiro. 1981.

BRITISKI, 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 Rio São Francisco)**. CODEVASF, Divisão de Piscicultura e Pesca. Brasília/DF. 143p. 1984.

CABANA, G.; TREMBLAY, A.; KAFF, J.; RASMUSSEN, J.B. Pelagic food chain structure in Ontario lakes: A determinant of Mercury levels in lake trout (*Salvelinus namaycush*). **Can J. fish Aquat Sc**, n. 51, p. 381-389. 1994.

CANAN, B.; GURGEL, H.C.B.P. Ritmicidade da alimentação e dieta de *Metynnis roosevelti* Eigenmann (Characidae, Myleinae) da Lagoa do Jiqui, Parnamirim, Rio Grande do Norte, Brasil **Rev. Bras. Zool.** v. 19, n.2, p. 309 – 316. 2002.

CANAN, B.; GURGEL, H.C.B.P. Estrutura populacional de *Metynnis roosevelti* Eigenmann, 1915 (Characidae, Myleinae) da Lagoa do Jiqui, Parnamirim, Rio grande do Norte, **Revista UNIMAR**, v.19, n.2, p.479-491, 1997.

CANNELA, G.; RODRIGUES, M.M. Contribuições ictiológicas sobre a fauna continental. I. Estudo sobre *Achirus achirus* (Linné, 1758) (Pisces, Soleidae). **Rev. Nordestina Biol.**, João Pessoa, v.1, n1, p. 89-95. 1978.

CARDOSO, T. P.; MÁRSICO, E.T.; MEDEIROS, R.J. TORTELLY. R. V.; SOBREIRO, L.G.; GATTI, L. Mercury level and histopathologic analysis of muscle, kidney and brain of largehead hairtail (*Trichiurus lepturus*) collected in Itaipu beach, Niterói, Rio de Janeiro, Brazil **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.2, p.540-546, 2009.

CARVALHO, C.E.V.; FARIAS, V.V.; CAVALCANTE, M.P.O.; GOMES, M.P.; RESENDE, C. E. Distribuição de metais pesados em peixes costeiros bentônicos da região de Macaé, RJ, Brasil. **Ecotoxicology and Environmental Restoration**. v. 2 n. 2, p. 64-68. 2000.

CASTRO, S. V. **Efeitos de metais pesados presentes na água sobre a estrutura das comunidades bentônicas do Alto das Velhas-MG.** (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos/Escola de Engenharia/UFMG. Belo Horizonte. 110p. 2006.

CAVALCANTI, A. D. Monitoramento da contaminação por elementos traço em ostras comercializadas em Recife, Pernambuco, Brasil. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 19,n.5, p.1545-1551, 2003.

CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas. São Paulo. CETESB, 2001.

CHAVES, M.F.; TORELLI, J. TARGINO, C.H.; CRISPIM, M.C. Dinâmica reprodutiva e estrutura populacional de *Hoplias aff. malabaricus* (Bloch, 1794) (Characiformes, Erythrinidae), em açude da Bacia do Rio Taperoá, Paraíba. **Biotemas**, v. 22, n.2. 2009.

COIMBRA, A.G. **Distribuição de metais pesados em moluscos e sedimentos nos manguezais de coroa Grande e da enseada das Graças, Baía de Sepetiba, RJ.** (Dissertação). Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense. NITERÓI-RJ. 72p. 2003.

COLWELL, R.K. User's guide to EstimateS5 statistical.Estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.0.0. 1994-2004.

DA PAZ, R.J. **Estudo das condições físico-químicas do Rio Gramame, Conde, Paraíba, Brasil.** (Monografia) João Pessoa: UFPB, 1988.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** Rio de Janeiro: Editora Interciência/Financiadora de Estudos e Projetos. 1988.

FARIAS, L. A. Assessment of daily dietary intake of Hg and some essential elements in diets of children from the Amazon region. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 270, p. 217-223, 2006.

FARIAS, M. S.S.; NETO, J. D.; ANTUNES,V.L. Riscos sociais e ambientais devido a presença de metais pesados nas águas superficiais no Distrito Industrial de Mangabeira. **Revista Eletrônica**, v.6.n.2. 2007.

FERNANDES, P.S.; CASTILHOS, Z. C.; RODRIGUES, A. P. C. Avaliação preliminar da bioacumulação do mercúrio em três espécies de peixes na Baía de Guanabara, RJ. *Anais... 16 Jornada de Iniciação Científica – CETEM/UFRJ*, p. 263-269, 2006.

FERREIRA, A. **Ecologia trófica de *Astyanax paranae* (Osteichthyes, Characidae) em córregos da bacia do rio Passacoinco, São Paulo**. Dissertação apresentada na Escola Luiz de Queiroz, universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 56p. 2004.

FERREIRA, C.P.; CASATTI, L. Influência da estrutura do hábitat sobre a ictiofauna de um riacho em uma micro-bacia de pastagem, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** v.23, n.3, p.: 642-651, 2006.

FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. II. Teleostei (1)**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. São Paulo. v. 3, n.2, 89p. 1978.

FIGUEIREDO, J.L.; MENEZES, N.A. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. III. Teleostei (2)**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. São Paulo. v. 3, n.2, 89p. 1980.

FONSECA, F. **Efeitos do turismo na demanda da água da bacia do rio Gramame – Estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Curso de Engenharia civil e ambiental. Centro de Tecnologia e recursos Naturais, UFCG. 2008.

FREITAS, O, M.; ABILHOA, V. Variações ontogênicas e sazonais na dieta de *Etropus crossotus* Jordan e Gilbert, 1882 (Paralichthyidae) na baía de Ubatuba-Enseada, Estado de Santa Catarina, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v.33, n.2, p.185-189. Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR. 2011.

FUGI, R.; HAHN, N.S.; LOUREIRO-CRIPPA, V.E.; NOVAKOWSKI, G.C. Estrutura trófica da ictiofauna em reservatórios. In *Biocenoses em reservatórios padrões espaciais e temporais* (L. Rodrigues, S.M. Thomaz, A.A. Agostinho; L.C. Gomes, orgs.). Rima, São Carlos, p.185-195. 2005.

GANDINI, C.V; BORATTO, I. A.; FAGUNDES, D. C.; POMPEU, P. S. Estudo sobre alimentação dos peixes no rio grande a jusante da Usina Hidrelétrica de Itutinga, Minas Gerais, Brasil. **Iheringia**, Série Zoologia, Porto Alegre, v. 102, n.1, p.56-61, 2012.

GARCIA, L.G.; CORDEIRO, A.M.R.; NUNES, E.M.; GONÇALVES, F.O. A Poluição industrial na bacia do rio Gramame/Mumbaba e seus efeitos sobre os ecossistemas e as comunidades de Engenho Velho, Gramame e Mituaçu. **8 Conhecimento em Debate**. CCHLA, Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes/UFPB. 2008.

GOBBI, J.M. **Estudo sobre a presença de metais em diferentes tecidos de peixes surubins (*Pseudoplatystoma coruscans*) capturados no rio São Francisco (MG)**. (Dissertação) Escola de Veterinária/UFMG, Belo Horizonte, MG. 60p. 227.

GOMES, L. C.; GOLOMBIESKI, J. I.; GOMES, A.R. C. & BALDISSEROTTO, B. Biologia do jundiá, *Rhandia quelen* (Teleostei, Pimelodidae) **Cienc. Rural**, v.30, n.1, Santa Maria, 2000.

GOMES, M.V.T.; SATO, Y. Valiação da contaminação por metais pesados em peixes do Rio São Francisco a jusante da represa de Três Marias, Minas Gerais, Brasil. **Rev. Saúde & Amb.**, Duque de Caxias, v.6, n.1, p.24-30, 2011.

GOMES-FILHO, G.; ROSA, R. S. Inventário da ictiofauna da bacia do Rio Gramame, Paraíba, Brasil. **In A bacia do Rio Gramame: Biodiversidade, uso e conservação** (T. Watanabe, ed.). PRODEMA, João Pessoa, p.167-173. 2009.

GOMES-FILHO, G. **Characiformes (Actinopterygii: Ostariophysii) das bacias costeiras da Paraíba**. (Dissertação). UFPB/DSE. João Pessoa - PB. 1999.

GOMIERO, L.M., SOUZA, U.P.; BRAGA, F.M.S. Reprodução e alimentação de *Rhandia quelen* (Quoy & Gaimard, 1824) em rios do Núcleo Santa Virgínia, Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, SP. **Biota Neotrop.** v.7, n.3, p.1-7. 2007.

GOMIERO, L.M.; BRAGA, F.M.S. Relação peso-comprimento e fator de condição para *Cichla cf. ocellaris* e *Cichla monoculus* (Perciformes, Cichlidae) no reservatório de Volta

Grande, rio Grande - MG/SP. **Acta Scientiarum Biological Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p.79-86, 2003.

GRIMES, C. B. Age, growth and length-weight relationship of vermilion snapper, *Rhomboplites aurorubens*, from north Carolina and South Carolina waters. **Trans. Am. Fish. Soc.**, 107:454-456. 1978.

GUEDES, D.S. Contribuição ao estudo da sistemática e alimentação de jundiás (*Rhamdia spp*) na região central do Rio Grande do Sul (Pisces, Pimelodidae). Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Santa Maria, 99p. 1980.

GURGEL, H.C.B. **Aspectos do comportamento biológico de *Rhamdia branneri* Haseman, 1911, (*Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae*)**. Curitiba – PR, 1979. 53 p.

GURGEL, HCB., SILVA, N.B., LUCAS, F.D.; SOUZA, L.L.G.. Alimentação da comunidade de peixes do rio Ceará Mirim, em Umari, Taipu, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 27, n. 2, p. 229-233. 2005.

HAHN, N. S.; FUGI R. Alimentação de peixes em reservatórios brasileiros: alterações e conseqüências nos estágios iniciais do represamento. **Oecol. Bras.**, v.11, n.4, p. 469-480, 2007.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.; RYAN, P.D. Past, Paleontological Statistics ver. 1.12, 2003. Disponível: <http://www.folk.uio.no/ohammer/past>>. Acesso em: 31/07/ 2010.

HAMMER, O.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. PAST - Palaeontological Statistics, ver. 1.69, June, 2007. Disponível em: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>. Acesso: 5 jan. 2003.

HINO, K.; TUNDISI, J. **Atlas de algas da represa do Broa**. Série Atlas. Universidade Federal de São Carlos, CCBS/DCB. São Carlos/SP, v.2,143p. 1977.

HOSTIM-SILVA, M.; ANDRADE, A.B; MACHADO, L.F; GERHARDINGER, L.C; DAROS, F.A; BARREIROS, J.P; GODOY, E. A. **Peixes de Costão Rochoso de Santa Catarina. I. Arvoredo**, UNIVALI , Itajaí, SC. Brasil: v.1, 131 p., 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Centro e Documentação e disseminação de informação. Normas de apresentação tabular. 3ed. Rio de Janeiro, IBGE, 1993.

KAMARUZZAMAN, B.Y.; ONG, M.C.; RINA, S.Z. Concentration de Zn, Cu e Pb in some selected marine fishes of the Pahang Coastal Waters, Malaysia. **American Journal of applied Sciences**, v. 7, n. 3, p. 309-314, 2010.

KASPER, D.; PALERMO, E. F. A.; DIAS, A. C.M. L.; FERREIRA, G. L.; LEITÃO, R.P.; CASTELO BRANCO, C. W.; AND MALM, O. Mercury distribution in different tissues and trophic levels of fish from a tropical reservoir, Brazil. **Sociedade Brasileira de Ictiologia**, 2009.

KITAHARA, S.E.; OKADA, I.A.; SAKUMA, A.M.; ZENEBON, O.; JESUS, R.S.; TEN UTA-FILHO, A. Mercúrio total em pescado de água-doce. **Ciênc. Tecnol. Aliment.** v.20, n.2 Campinas. 2000.

LATINI, A. O. **O efeito da introdução de peixes exóticos nas populações nativas de lagoas do Parque Estadual do Ri Doce, MG.** Dissertação, UFV. Belo Horizonte, MG. 2001.

LE CREN, E.D. The length relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). **J. Anim. Ecol.**, v. 20, p. 210–218. 1951.

LÉVÉQUE, C.; OBERDORFF, T.; PAUGY, D.; STIASSUNY, M.L.J.; TEDESLO, P.A. Global diversity of fish (Pisces) in freshwater. In: **Freshwater Animal Diversity Assessment. Hidrobiologia.** v. 595, p. 545-567, 2008.

LIMA, E.L.R.; LOPES, J.P. Avaliação dos níveis de Cádmio em material aquático do complexo hidrelétrico de Paulo Afonso. **Rev. Bras. Enga. Pesca** v.2, n.2, p.30-36. 2007.

LOUREIRO, V. E.; HAHN, N. S. Dieta e atividade alimentar da traira, *Hoplias malabaricus*, (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erithrinidae), nos primeiros anos de formação do reservatório de Segredo-PR. **Acta Limnol. Bras.** v.8, n.1, p. 195-205. 1996.

LOWE-McCONNEL, R. H. **Estudos ecológicos em comunidades de peixes Tropicais**. São Paulo. EDUSP. 535p. 1999.

MACHADO, T. T.V.; GADELHA, C.L.M.; SILVA JUNIOR, W.R.; DINIZ, F.E.G.; COLARES, D.A.; NEVES, A.F.J.F. Avaliação preliminar da presença de chumbo e cromo em mananciais do Estado da Paraíba, utilizados em sistemas urbanos de abastecimento de água. **23 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2005.

MAGARELLI, G.; SOUZA, J.R.; BARBOSA, A.C.; PONCE, G.E.; FERRARI, I.; DÓREA, J.G. Utilização de microondas na preparação de amostras para a determinação de Cd e Pb em peixes da região amazônica. 2003. Disponível em: <http://www.s bq.org.br/ranteriores/23/resumos/0839/index.html>. acesso: 28/11/2009.

MANSOUR, S. A.; SIDKY, M. M. Ecotoxicological studies. 3: Heavy metals contaminating water and fish from Fayoum Governorate, Egypt. **Food Chem.**, v.78. p.15-22. 2002.

MARINHO, R. S. A.; TORELLI, J.; SILVA, A. S.; RIBEIRO, L. L. Biodiversidade de peixes do semi-árido paraibano. **Revista de Biologia e Ciencia da Terra**, Suplemento Especial, p. 112-121. 2006.

MARQUES, D.K.S. **Ciclo reprodutivo de *Hoplias malabaricus* (Bloch, 1794) (Osteichthyes, Erythrinidae) da Barragem do Rio Gramame, Município de Alhandra, Estado da Paraíba. A Bacia do Rio Gramame: Biodiversidade, uso e conservação**. (Dissertação). João Pessoa: UFPB/CPGCB, 1996.

MARTINS, J. M. E. **Biologia de *Hoplias malabaricus* (BLOCH, 1794) (Characiformes, Erythrinidae) na represa de Capim Branco I, Rio Araguaia, MG**. (Dissertação), Programa de Pós- Graduação em Ecologia e Conservação dos Recursos Naturais, Instituto de Biologia da Universidade Federal de Uberlândia, 2009.

MAVROPOULOS, E. **A hidroxiapatita como absorvedor de metais**. (Mestrado) Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública. 105 p. 1999.

MEILI, M. **Mercury in boreal forest lake ecosystems. Uppsala**, Acta Universitatis Upsaliensis. Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science. ORGANISATION MONDIALE DE LA SANTE. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Éd. 2, recommandations, Genève, 202 p., 1994.

MEIRELES, A.C.M.; FRISCHKORN, H.; ANDRADE, E.M. Sazonalidade da qualidade das águas do açude Edson Queiroz, bacia do Acaraú, no Semi-Árido cearense. **Revista Ciência Agronômica**, v.38, n.1, p.25-31, 2007.

MENDONÇA, M. C. B. **Autoecologia do Camorim, *Centropomus undecimalis* (Bloch, 1792) (Perciformes: Centropomidae) em ambiente hipersalino em Galinhos, RN, Brasil**. 145 f. (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos. 2004.

MENEZES, A.C.L.S.M.; GADELHA, C.L.M. ; SILVA JUNIOR, W.R. ; MACHADO, T.T.V. Importância de lagoas de lodo na redução de resíduos de alumínio no efluente descartável de estações de tratamento de água. **24 Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2006.

MENEZES, M.; DIAS, I.C.A. **Biodiversidade de algas de ambientes continentais do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, Museu Nacional, 2001.

MENEZES, N.A.; FIGUEIREDO, J.L. **Manual de peixes marinhos do sudeste do Brasil. IV. Teleostei (3)**. Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo. São Paulo. v. 4, n.3, 96p. 1980.

MEURER, S., ZANIBONI FILHO, E. Hábito alimentar do jundiá *Rhamdia quelen* (Pisces, Siluriformes, Pimelodidae), na região do alto rio Uruguai. In: **12 ENCONTRO BRASILEIRO DE ICTIOLOGIA**, São Paulo, SP, 1997. Anais... São Paulo: SBI, p. 420-429. 1997.

MIRANDA, M.R.; COELHO-SOUZA, S.A.; GUIMARÃES, J.R.D.; CORREIA, R.E.S.; OLIVEIRA, D. Mercury in aquatic systems: Environmental factors affecting mercury methylation. **Oecologia Australis**, v. 11, n. 2, 2007.

MONTENEGRO, A.K.A.; TORELLI, J.E.R.; CRISPIM, M.C.; HERNANDEZ, MIM & MEDEIROS, A.M.A. Ichthyofauna diversity of Taperoá II reservoir, semi-arid region of Paraíba, Brazil. **Bol. J. Biol.** v. 72, n. 1, p.113-120. 2012.

MONTENEGRO, AKA. **Bioecologia da ictiofauna do açude Taperoá II, semi-árido paraibano, Brasil.** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba. 143p. (Dissertação) 2007.

MONTENEGRO, L.A. **Biologia alimentar do mussum, *Synbranchus marmoratus*, Bloch (Osteichthyes: Synbranchidae) no açude Marechal Dutra “Gargalheiras”, localizado no semi-árido brasileiro.** Natal/RN. (Dissertação), UFRN, 77p. 2009.

MORAES, L.A.F.; LENZI, E.; LUCHESE, E.B. Mercury in two fish species from the Parana river floodplain, Paraná, Brazil. **Environ Pollut.**, v.98, p.123-127, 1997.

MORAIS, A. L.S.; PESSOA, E. K. R.; CHELLAPPA, N.; CHELLAPPA, S. Composição ictiofaunística da Lagoa do Jiqui, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia.** Macapá, v. 2, n. 1, p.51-58, 2012.

NARAHARA, M.Y.; GODINHO, H.M.; FENERICH-VERANI, N. Relação peso-comprimento e fator de condição de *Rhamdia hilarii* (Valenciennes, 1840) (Osteichthyes, Siluriformes, Pimelodidae). **Boletim do Instituto de Pesca**, v.12, n. 4, p. 13-22, 1985.

NASCIMENTO, W. S. N. **Diversidade ictiofaunística e ecologia reprodutiva de uma espécie nativa de peixes da bacia Piranhas-Assu, RN.** (Dissertação) Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 130p. 2010.

NASCIMENTO, W.S.; GURGEL, L.L.; PANSARD, K. C. A.; NASCIMENTO, R. S. S.; GURGEL, H. C. B.; CHELLAPPA, S. Biologia populacional do robalo *Centropomus undecimalis* (Osteichthyes: Centropomidae) do estuário do Rio Potengi,, Natal, Rio Grande do Norte, Brasil. **CARPE DIEM: Revista Cultural e Científica do UNIFACEX**, v. 8, n. 8, 2011.

NEEDHAM, J. G.; NEEDHAM, P. R. **Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces**. Ed. Reverté, Rio de Janeiro, 131p. 1978.

NELSON, J. S.. **Fishes of the world**. John Wiley and Sons, New York. 600p. 1994.

PADOVANI, C.R.; FORSBERG, B.R.; PIMENTEL, T. P. Contaminação mercurial em peixes do Rio madeira: Resultados e recomendações para consumo humano. **Acta Amazônica**, v. 25, n1/2, p.127-136, 1995.

PALERMO, E. F. A. **Avaliação dos níveis naturais de mercúrio e metilmercúrio no reservatório de Ribeirão das Lajes, RJ**. (Dissertação), Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ, Rio de Janeiro-RJ, Brasil, 46p. 2002.

PEDREIRA, S.F.P.; OLIVEIRA, G.R.; BARROS, B. de C.V.; PALHETA, D. da C. O fenômeno da bioacumulação de metais pesados na espécie *Cichla* spp (Tucunaré) capturados na represa de Tucuruí-Pará. **35 CONBRAVE** – 2008.

PEDRO, F. **Alimentação e comportamento predatório do tucunaré *Cichla ocellaris* Bloch & Schneider, 1801 (Osteichthyes: Cichlidae)**. (Dissertação). João Pessoa, UFPB-CPGCB, 1995.

PEIXOTO, J.T. Alimento de tucunaré, *Cichla ocellaris* Bloch & Scheneider, 1801 no açude Lima Campos, Icó, Ceará, (Actinopterygii, Cichlidae) **Colet. De Trab. Técn. DNOCS**, Fortaleza, v.2, p.159-172, 1982.

PEIXOTO, M.G.; TORELLI, J.; SILVA, A.S.; MARINHO, R.S.A.; MONTENEGRO, A.K.; CARDOSO, M.M.L.. Estrutura de crescimento da população de *Hoplias malabaricus* (Bloch 1794) (Pisces, Erythrinidae), do açude Taperoá II, no semi-árido paraibano. **Revista Nordestina de Zoologia**, Recife v. 4 n. 2 , p. 17-24, 2010.

PEREIRA, S.F.P.; OLIVEIRA, G.R.; BARROS, B. DE C.V.; PALHETA, D. DA C. O fenômeno da bioacumulação de metais pesados na espécie *Cichla* spp. (Tucunaré) capturados na represa de Tucuruí, Pará. **35 Congresso Brasileiro Medicina Veterinária - CONBRAVE**. 2008.

PIELOU, E.C. **Ecological diversity**. New York: John Wiley. 165 p. 1975.

PINTO-COELHO, R.M. **Fundamentos em Ecologia**. Porto Alegre: Artmed Ed. 252p. 2000.

PLOEG, A. Revision of the South American cichlid genus *Crenicichla* Heckel, 1840, with description of fifteen new species and consideration on species groups, phylogeny and biogeography (Pisces, Perciformes, Cichlidae). **Univ. Amsterdam**, Netherlands. P.1-153. 1991.

PROENÇA, C. E. M.; BITTENCOURT, P. R. L. **Manual de Piscicultura Tropical**. Brasília: IBAMA, 1994. 195 p.

RAMOS, A.S., CASTILHOS, Z.C.; RODRIGUES, A.P.C. Determinação de teores de mercúrio em corvinas jovens da Baía da Ribeira/RJ. **Comunicação Técnica. 18 Semana Acadêmica de Química Limpa - UFF**, Rio de Janeiro, p.9. 2004.

RAMOS, R. O.; PERET, A. C.; RAMOS, S. M.; MELO, J. S. C. Parâmetros reprodutivos do curimbatá no rio Mogi-Guaçu. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 57, n.4, p. 520-525, 2010.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no Mundo e no Brasil. *In*: **REBOUÇAS, A. C., BRAGA, B., TUNDISI, J. G. (Org.), Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação, São Paulo /SP**. Ed. Escrituras. 1999.

RIBANI, M. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. **Quim. Nova**, v. 27, n. 5, p.771-780, 2004.

RODRIGUES, M.L.K. **Origem, distribuição e mobilidade potencial de metais pesados em ambientes fluvial impactados por curtumes**. Porto Alegre. (Tese) Doutorado. Instituto de Geociências/UFRS. 2007.

ROSA, R. S. Diversidade e conservação dos peixes da caatinga. In J.M.C. da Silva, M. Tabarelli, M.T. Fonseca, L.V. Lins (Orgs.). **Biodiversidade da Caatinga: Áreas e Ações Prioritárias para a Conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.

ROSA, R. S.; MENEZES, N.A; BRITSKI, H.A.; COSTA, W.J.E.M.; GROTH, F. Diversidade, padrões de distribuição e conservação dos peixes da Caatinga. p.135-180. In: LEAL, I. R., TABARELLI, M. e SILVA, J. M. C. (Editores). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. UFPE, 822 p. 2003.

ROSA, R. S.; GROTH, F. Ictiofauna dos Ecossistemas de Brejos de Altitude de Pernambuco e Paraíba. In: Pôrto, K. C.; Cabral, J. J. P.; Tabarelli, M., editores. Brejos de Altitude de Pernambuco e Paraíba. MMA, Brasília. 2004.

SAMPAIO, L.A, PISSETI, T.L; MORENA. M. Toxicidade aguda do nitrito em larvas do peixe-rei marinho *Odontesthes argentinensis* (Teleostei, Atherinopsidae). **Ciência Rural**, n.36, p.1008-1010. 2006.

SANTOS, E.; GOMES, S.O.; LOPES, J.P. Contribuição de elódea, *Egeria densa* à piscicultura através da colonização do camarão-canela *Macrobrachium amazonicum* no sub-médio Rio São Francisco, no Nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Eng. Pesca**, v.1, n.1, p.102-118, 2006.

SANTOS, L.N.; GONZALEZ, A.F.; ARAUJO,F.G. Dieta do tucunaré-amarelo *Cichla monoculus* (Bloch & Schneider) (Osteichthyes, Cichlidae), no Reservatório de Lajes, Rio de Janeiro, Brasil. **Revta Bras. Zool.** v.18, n.11, p.191-204. 2001.

SEMARH. **Plano diretor da bacia do Rio Gramame. Secretaria extraordinária de meio ambiente, recursos hídricos e minerais do Estado da Paraíba.** SEMARH/SCIENTEC. v. 1,2,3 e 4. 2000.

SHANNON, C.E. A mathematical theory of communication. **Bell System Technical Journal**, v. 27, p. 379-423, 1948.

- SILVA, A.R.M.; SANTOS, G.B.; RATTON, T. Fish community structure of Juramento reservatoir, São Francisco, River basin, Minas Gerais, Brazil. **Rev. Brasil. Zool.**, v.23, n.3, p. 832-840, 2006.
- SILVA, D. A. E.; PESSOA, K. R.; COSTA, S. A.G. L.; CHELLAPPA, N. T. CHELLAPPA, S. Ecologia alimentar de *Astyanax lacustris* (Osteichthyes: Characidae) na Lagoa do Piató, Assu, Rio Grande do Norte, Brasil. **Biota Amazônia**, Macapá, v. 2, n. 1, p. 74-82, 2012.
- SILVA, M.J.; FIGUEIREDO, B.R.S.; RAMOS, R.T.C; MEDEIROS, E.S.F. Food resources used by three species of fish in the semi-arid region of Brazil . **Neotropical Ichthyology**, v.8, n.4, p.825-833, 2010.
- SILVA, M.S.C. **Estudos de sedimentos da bacia hidrográfica de Mogi-Guaçu, com ênfase na determinação de metais**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Química de São Carlos, USP. 2002.
- SIPAÚBA-TAVARES, L. H. **Limnologia Aplicada a Aqüicultura**. Jaboticabal: FUNEP. 70 p. 1994.
- SOARES, R. R.; ROSA, I. L.; TORELLI, J. Alimentação e crescimento de *Prochilodus brevis* Steindachner, 1874 (Characiformes, Prochilodontidae) no rio Gramame, Paraíba, Brasil. **Revista Nordestina de Biología**, v.12, n.1/2, p.49-60. 1998.
- STEFANI, P. M. **Ecologia trófica de espécies alóctones (*Cichla cf. ocellaris* e *Plagioscion squamosissimus*) e nativa (*Geophagus brasiliensis*) nos reservatórios do Rio Tietê**. (Master Thesis), USP, São Carlos, 2006.
- TEIXEIRA, S. F.; SANTOS, M. N. S; LEITE, A. S.; RODRIGUES, V. M. S.; LINS, M. L. A. Alimentação do pacu *Metynnis lippincottanus* (COPE, 1870) no reservatório de Boa Esperança, Piauí, Brasil. **Anais. 9 Congresso de Ecologia do Brasil**, São Lourenço – MG. 2009.

TELES, L. T. **Elementos traço em peixes de interesse comercial do Rio Caiapó (Goiás – Brasil) em áreas sob impacto ambiental.** (Dissertação) Universidade Católica de Goiás, 108 f. 2008.

TONINI, W. C.T.; BRAGA, L.G.T.; VILA NOVA, D. L. D. Dieta de juvenis do robalo *Centropomus parallelus* Poey, 1860, no Sul da Bahia, Brasil. **B. Inst. Pesca**, São Paulo, v. 33, n.1, p. 85 - 91, 2007.

TORELLI, J.; CARDOSO, M. M.; WATANABE, T. Caracterização do hábito alimentar de peixes do Rio Gramame, município do Conde, Paraíba, Brasil. p. 177-199, 2009. *In: A bacia do rio Gramame: Biodiversidade, uso e conservação.* (Orgs.) JOSÉ ETHAM DE LUCENA BARBOSA, TAKAKO WATANABE, RONILSON JOSÉ DA PAZ. Campina Grande – PB. 2009.

TORELLI, J; COELHO, V.; CAPPELLARI, C. SIQUEIRA, R. CHAVES, F.M. COSTA, C.S. ; OLIVEIRA, A.P. Composição da dieta alimentar de peixes de tres açudes da bacia do rio Taperoá, Cariris Velhos, semi-árido paraibano. **1 Seminário PELD (Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração): Projeto Caatinga: Estrutura e Funcionamento**, João Pessoa/PB, 2003.

TORELLI, J; MARINHO, R.S.A.; CARDOSO, M.M.; CRISPIM, M.C. caracterização da atividade alimentar durante o período reprodutivo de peixes do açude Taperoá, semi-árido paraibano. **12 Encontro de Iniciação Científica** da UFPB, João Pessoa, PB. 2004.

TORELLI, J; ROSA, I. L.; WATANABE, T. Ictiofauna do rio Gramame, Paraíba, Brasil. **Iheringia**, Ser. Zool., Porto Alegre, n.82, p.67-73. 1997.

TOSCANO, I. A. S. Relatório do monitoramento ambiental da bacia do Rio Gramame. Análises físico-químicas da água. *In* **Relatório socioambiental do impacto da contaminação do rio Gramame, pelas indústrias sobre as comunidades de Gramame, Engenho Velho e Mituaçu.** Comissão de Estudos da Bacia do Rio Gramame/CCEN/UFPB. 2009.

TRINDADE, M. E. J. **Caracterização da assembléia de peixes no Ribeirão Limoeiro, Bacia do Rio Cachoeira – BA / Ilhéus, BA: UESC/PPGSAT, 73f. 2008.**

TUNDISI, J.G. Limnologia no século XXI: perspectivas e desafios. **Instituto Internacional de Limnologia**, São Carlos, SP, p. 24, 1999.

TURNELL, M. V. Assembléia de peixes como parâmetro para avaliação de impactos ambientais na bacia do Rio Gramame-Paraíba e sua importância para as comunidades ribeirinhas. Dissertação de Mestrado. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, 259p. 2012.

U.S.EPA .Principles of Environmental Impact Assessment Review: Chapter 3-Overview of the Reviewer's Responsibilities. Environmental Impact assessment, 1998. <http://www.elaw.org/node/3613> acesso: junho de 2010.

VALENTE, J.P.S., PADILHA, P.M.; SILVA, A.M.M. Contribuição da cidade de Botucatu – SP, com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita. **Rev. Eclét. Quim.** v. 22. p. 31-48. 1997.

VARI, R. P. **Systematics of the Neotropical Characiform genus *Steindachnerina* Fowler (Pisces: Ostariophysii)**. Smithsonian Contributions to Zoology, n. 507, 118p. 1991.

VAZZOLER A. E. A. M. **Biologia da reprodução de peixes Teleósteos: Teoria e Prática**. Maringá. **EDUEM**. SP. SBI. 169p. 1996.

VECCHIO, D. Qualidade de vida e avaliação física em intoxicados por mercúrio: estudo observacional transversal descritivo. In: Faculdade de Educação Física, vol. Mestrado Campinas/SP: Universidade Estadual de Campinas, 2005.

VELINI, E.D. Controle de plantas daninhas aquáticas. *In: Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. Foz do Iguaçu: Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas. 2000.

VELLUDO, M. R. Ecologia trófica da comunidade de peixes do reservatório do Lobo (Broa), Brotas-Itirapina/SP, com ênfase à introdução recente da espécie alóctone *Cichla kelberi* (Perciformes, Cichlidae). (Dissertação). Universidade Federal de São Carlos, SÃO CARLOS/SP. 2007.

VINATEA, L.A. **Princípios químicos de qualidade da água em aquicultura**. Florianópolis Ed. UFSC, 1997, 152p.

WATANABE, T.; LIMA, M.A.M.; MACHADO, V.M.N.; PAZ, R.J. Características limnológicas do Rio Gramame, João Pessoa (PB), Brasil: Variáveis ambientais. **Acta Limnol. Brasil.**, v.3, n.1, p.363-389, 1990.

WATRAS, C.J.U.; BACKA, R.C.B.; HALVORSENA, S.; HUDSONC. R.J.M.; MORRISONA, K.A. Bioaccumulation of mercury in pelagic freshwater food webs. **The Science of the Total Environment**, v. 219, p. 183-208. 1998.

WOOTTON, R.J. **Ecology of Teleost fish**. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 386 p. 1999.

ZAGANINI, R.L. **Caracterização do regime alimentar de *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) e *Tilapia rendalli* (Boulenger, 1897) na represa de Barra Bonita, Médio Rio Tietê, SP**. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Botucatu, 77p. 2009.

ZARET, T.M. Life history and growth relationships of *Cichla ocellaris*, a predatory South American cichlid. **Biotropica**, Lawrence, v.12, n.2, p.144-157, 1980.

ZAVALA-CAMIN, L.A. **Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes**. Maringá: EDUEM. 129p. 1996.

REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

AESA - Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba-AESA. Disponível em: www.aesa.pb.gov.br/. Acesso: 18 de Julho de 2011.

CETESB - Companhia ambiental do estado da Paraíba. Departamento de qualidade ambiental, Divisão de Qualidade do ar, EQQA/EQQM/EQQ. 2011. <http://www.cetesb.sp.gov.br/> Acesso: Junho de 2013.

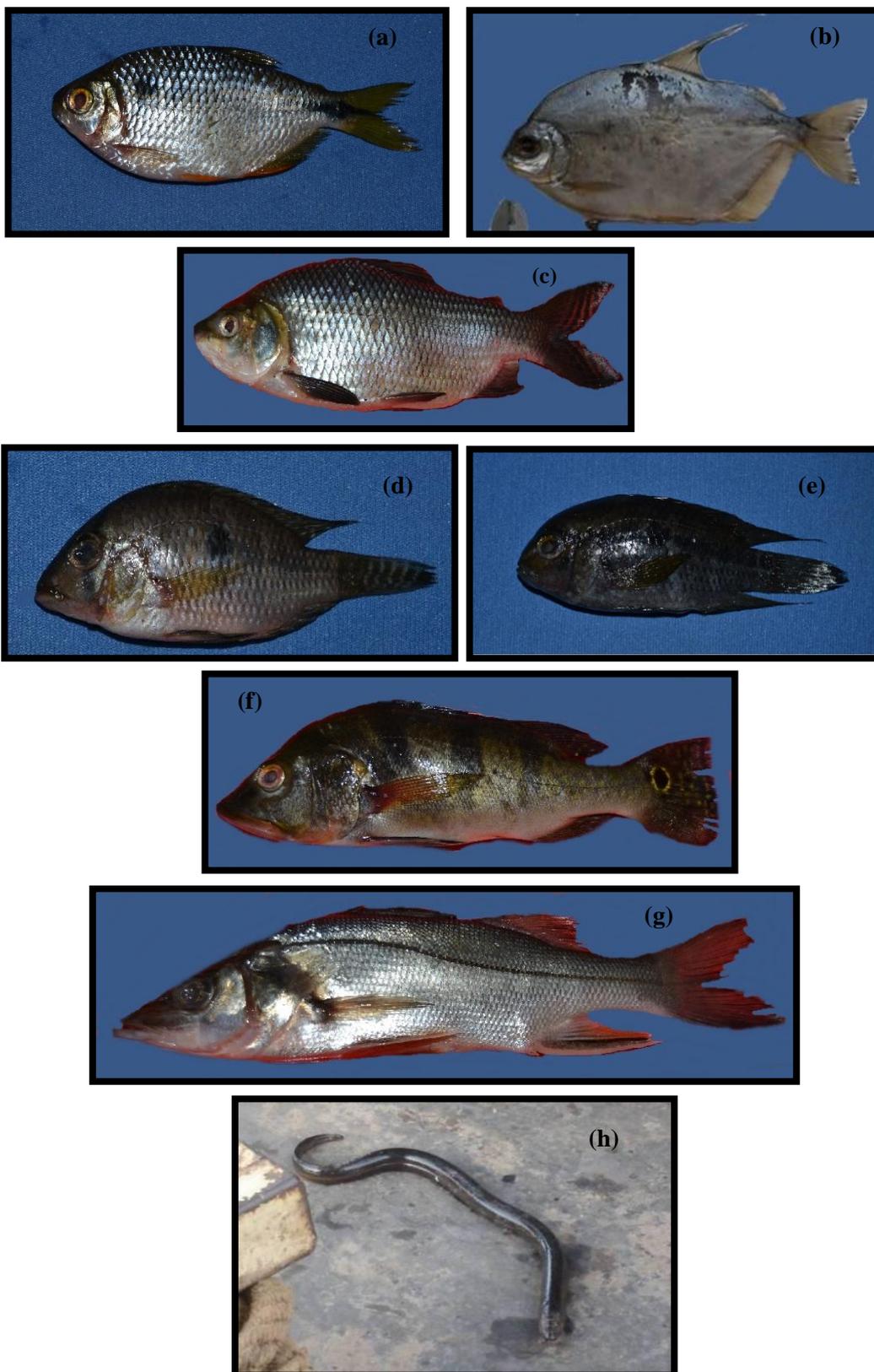
Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2012. InfoStat Group, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponível em: URL <http://www.infostat.com.ar>

R Core Team R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL. Acesso: <http://www.R-project.org/>. 2012.

STATSOFT, I. Statistica (data analysis software system), version 8.0. 2007. Acesso; www.statsoft.com.

ANEXOS

CAPÍTULO I



Anexo 1. Espécies da ictiofauna ao longo do Rio Gramame, Bacia do Rio Gramame, PB. (a) *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758). (b) *Metynnis lippincottianus* (Cope, 1870). (c) *Prochilodus brevis* Steindachner, 1875. (d) *Geophagus brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1824). (e) *Cichlasoma orientale* Kullander, 1983. (f) *Cichla ocellaris* Bloch & Schneider, 1801. (g) *Centropomus undecimalis* (Bloch 1792). (h) *Synbranchus marmoratus* Bloch, 1794. Foto: Jane Torelli (2012)

Anexo 2. Médias dos parâmetros físicos e químicos analisados nos pontos de coleta a montante a jusante do reservatório do Rio Gramame, durante os períodos de chuva e estiagem de 2010 a 2011.

A montante/Estiagem					
Parâmetros/Pontos	P1	P2	P3	P4	P5
Profundidade (m)	3,0	0,50	0,50	3,0	7,0
Salinidade (‰)	0,05	0,04	0,13	0,04	0,03
pH	6,70	6,70	6,80	7,89	7,79
Condutividade (μ /cm)	113	90	275	91	70
Oxigênio dissolvido	6,30	6,70	5,70	3,70	3,22
Temperatura (°C)	31,30	26,20	26,10	28,73	28,04
A montante/Chuva					
Parâmetros/Pontos	P1	P2	P3	P4	P5
Profundidade (m)	5,0	1,0	1,0	5,0	10,0
Salinidade (‰)	0,02	0,10	0,03	0,03	0,03
Ph	5,98	5,60	6,30	6,54	7,0
Condutividade (μ /cm)	95	83	188	65	70
Oxigênio dissolvido	3,0	7,40	6,40	6,50	4,30
Temperatura (°C)	28,40	29,60	29,30	31,70	28,0
A jusante/Estiagem					
Parâmetros/Pontos	P6	P7	P8	P9	P10
Profundidade (m)	1,0	1,0	3,0	3,0	6,0
Salinidade (‰)	0,02	0,11	0,11	0,15	0,18
pH	7,92	7,68	7,15	6,67	6,84
Condutividade (μ /cm)	423	231	233	451	371
Oxigênio dissolvido	2,15	2,66	2,11	3,0	0,60
Temperatura (°C)	27,09	26,21	25,05	29,56	27,92
A jusante/Chuva					
Parâmetros/Pontos	P6	P7	P8	P9	P10
Profundidade (m)	4,0	4,0	5,0	5,0	8,0
Salinidade (‰)	0,10	0,11	0,08	0,10	0,10
pH	7,22	7,68	7,0	7,80	7,0
Condutividade elétrica (μ /cm)	225	231	165	398	320
Oxigênio dissolvido	3,28	2,66	2,80	2,80	3,0
Temperatura (°C)	28,50	26,21	27,0	28,20	27,0

ANEXOS
CAPÍTULO IV

Anexo 1. Valores médios de concentração de metais nas espécies de peixes e camarão das áreas estudadas.

Espécies predadoras								
Espécie	Período	Área	Pontos de coleta	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
<i>C. ocellaris</i>	Chuva	Montante	P4	0,0	0,00	0,00	0,0	0,01
<i>C. ocellaris</i>	Chuva	Montante	P5	0,22	0,01	0,07	0,03	0,01
<i>H. malabaricus</i>	Chuva	Montante	P4	-	0,00	0,00	-	0,01
<i>H. malabaricus</i>	Chuva	Jusante	P8	1,38	0,71	0,20	0,97	0,01
<i>H. malabaricus</i>	Estiagem	Jusante	P8	1,03	0,61	0,34	0,96	-
<i>H. malabaricus</i>	Chuva	Jusante	P9	0,37	0,13	0,09	0,07	-
<i>Centropomus sp.</i>	Estiagem	Jusante	P8	0,29	0,04	0,06	0,05	-
<i>C. undecimalis</i>	Estiagem	Jusante	P7	2,60	0,30	0,27	0,42	-
<i>C. undecimalis</i>	Estiagem	Jusante	P8	1,05	0,05	0,02	0,03	-
<i>C. undecimalis</i>	Estiagem	Jusante	P10	-	0,00	0,00	-	0,01
<i>C. undecimalis</i>	Estiagem	Jusante	P8	-	0,00	0,01	-	0,01
Limite máximo (mg/Kg)				5,0	1,0	2,0	3,0	1,0
Espécies não predadoras								
Espécie	Período	Área	Pontos de coleta	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg
<i>E. brasilianus</i>	Estiagem	Jusante	P8	1,37	0,07	1,86	0,40	-
<i>E. brasilianus</i>	Estiagem	Jusante	P9	-	0,00	0,00	-	0,01
<i>P. brevis</i>	Estiagem	Jusante	P8	0,57	0,07	0,08	1,27	0,00
<i>P. brevis</i>	Chuva	Jusante	P8	1,44	0,32	0,26	0,33	-
<i>M. lippicottianus</i>	Chuva	Montante	P4	2,27	0,23	0,14	0,35	-
<i>M. lippicottianus</i>	Chuva	Jusante	P8	2,47	0,11	3,90	0,19	0,00
<i>M. lippicottianus</i>	Chuva	Jusante	P9	3,64	0,21	7,59	0,27	-
<i>R. quelen</i>	Chuva	Jusante	P8	1,56	0,16	0,75	0,02	0,01
<i>R. quelen</i>	Estiagem	Jusante	P9	-	0,00	0,01	0,01	-
<i>O. niloticus</i>	Chuva	Jusante	P8	0,99	0,01	0,26	0,08	-
<i>H. pularum</i>	Chuva	Montante	P4	-	-	0,00	0,00	0,02
<i>Pseudopaleomon</i> <i>cf. chryseus</i>	Chuva	Jusante	P8	-	0,00	0,00	-	0,00
<i>P. chryseus</i>	Chuva	Montante	P4	-	0,01	0,00	-	0,12
Limite máximo (mg/Kg)				5,0	1,0	2,0	3,0	0,5

* (Zn=zinco, Pb=chumbo, Cd=cádmio, Cu= cobre, Hg= mercúrio total)

Anexo 2. Distribuição dos valores médios de concentrações dos metais em categorias tróficas estabelecida a montante e a jusante do reservatório durante as estações do ano.

Categoria trófica herbívora						
	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg	Nº Espécies
Montante/Chuva	-	0,0007	0,000	-	0,02	1
Jusante/Chuva	1,1	0,13	0,15	0,25	0,001	2
Jusante/Estiagem	0,5	0,07	0,08	1,23	0,004	1
Limite máximo (mg/Kg)	5,0	1,0	2,0	3,0	0,5	
Categoria trófica onívora						
Área/estação	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg	Nº Espécies
Montante/Chuva	2,27	0,12	0,08	0,32	0,007	2
Montante/Estiagem	-	-	0,002	0,000	0,002	1
Jusante/Chuva	2,02	0,08	1,44	0,26	0,002	5
Jusante/Estiagem	0,69	0,005	0,02	0,21	0,009	3
Limite máximo (mg/Kg)	5,0	1,0	2,0	3,0	0,5	-
Categoria trófica carnívora						
Área /Estação	Zn	Cd	Pb	Cu	Hg	Nº Espécies
Montante/Chuva	0,22	0,003	0,02	0,03	0,01	2
Jusante/Chuva	0,94	0,23	0,08	0,35	0,009	2
Jusante/Estiagem	0,65	0,14	0,09	0,47	0,001	4
Limite máximo (mg/Kg)	5,0	1,0	2,0	3,0	1,0	-

* Zn=zinco, Pb=chumbo, Cd=cádmio, Cu= cobre, Hg= mercúrio total