



Universidade do Estado do Rio de Janeiro
Centro Biomédico
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes

Natália Resende de Souza

Padrões temporais da dieta do bagre *Auchenipterichthys longimanus*: efeito da regeneração de um igapó amazônico e especialização individual

Rio de Janeiro

2018

Natália Resende de Souza

Padrões temporais da dieta do bagre *Auchenipterichthys longimanus*: efeito da regeneração de um igapó amazônico e especialização individual



Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução da Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Orientadora: Prof.^a Dra. Rosana Mazzoni

Coorientadora: Prof.^a Dra. Érica Pellegrini Caramaschi

Rio de Janeiro

2018

CATALOGAÇÃO NA FONTE
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC-A

S729 Souza, Natália Resende de.
Padrões temporais na dieta do bagre *Auchenipterichthys longimanus*: efeito da regeneração de um igapó amazônico e especialização / Natália Resende de Souza. – 2018.
74f.: il.

Orientador:. Rosana Mazzoni.
Coorientador: Érica Pellegrini Caramaschi.
Dissertação(Mestado em Ecologia e Evolução) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes.

1.Bagre (Peixe) - Amazonas - Teses. 2.Peixe - Alimentação - Teses. 3. Biologia de água doce - Teses. I. Mazzoni, Rosana. II.Caramaschi, Érica Pellegrini. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes. IV.Título.

CDU597.554.4(811.3)

Rosalina Barros CRB/7 – 4204 – Bibliotecária responsável pela elaboração da ficha catalográfica.

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta tese, desde que citada a fonte.

Assinatura

Data

Natália Resende de Souza

**Padrões temporais da dieta do bagre *Auchenipterichthys longimanus*: efeito da
regeneração de um igapó amazônico e especialização individual**

Dissertação apresentada, como requisito parcial
para obtenção do título de Mestre, ao Programa
de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, da
Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

Aprovada em 04 de maio de 2018.

Orientadora:

Prof.^a Dra. Rosana Mazzoni
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Coorientadora:

Prof.^a Dra. Érica Pellegrini Caramaschi
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Miriam Pilz Albrecht
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prof.^a Dra. Maja Kajin
Instituto de Biologia Roberto Alcântara Gomes - UERJ

Prof. Dr. Marcos Paulo Figueiredo de Barros
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família a qual sempre investiu nos meus estudos. Dedico também às pessoas que sempre acreditaram e me apoiaram para que este trabalho fosse concluído e posteriormente ser divulgado para fins científicos e de conservação.

Dedico também às pessoas que como eu não foram preparadas na vida para o mundo da ciência, mas de alguma forma se sentiram tocadas a buscar seus sonhos e estão na luta. Digo, continuem! Vale a pena cada noite sem dormir, cada dia abdicado, cada livro caro comprado, cada curso participado, cada insegurança vivida, ..., cada momento é único. Digo também que a vivência neste meio acadêmico, para quem não foi preparado, é dura, farão pensar em desistir, mas como sempre digo, “somos rebeldes”, saímos da nossa caixinha sócio-cultural, onde o sistema somente nos prepara para inserção no mercado de trabalho. Pense!

Aos poucos estamos quebrando paradigmas da ciência elitizada branca e patriarcal. São cada vez mais mulheres, e pessoas de todas as descendências, orientação sexual e de diferentes níveis sociais. Cabe a nós de origem “rebelde” fazermos diferente e utilizarmos este espaço como meio de democratizar o conhecimento, para que a ciência se aproxime mais da sociedade e que esta reconheça-a e utilize-a para um bem comum.

AGRADECIMENTOS

Nesses dois anos de muito trabalho e estudo, muitas pessoas me ajudaram a concluir esta etapa tão importante da minha vida e eu não poderia deixar de agradecer-las pelo apoio.

Agradeço primeiramente ao meu amigo Bruno Eleres Soares, por ter sido e ainda ser um apoiador incondicional. Graças ao seu olhar atento e entusiasmado, me percebi capaz de investir em mais este passo. Graças a sua pronta disponibilidade me auxiliou em todos os meus passos na vida acadêmica recente. Obrigada por acreditar em mim, pelos eternos puxões de orelha e por disponibilizar a sua casa sempre que precisei fugir para escrever.

A professora Érica Pellegrini Caramaschi, por ser o meu referencial de trabalho, dedicação, didática, empatia e ética. Graças a querida professora pude utilizar os exemplares de *Auchenipterichthys longimanos* disponíveis em seu laboratório. Sua participação no meu trabalho se fez nas conversas do cotidiano, tirando minhas inúmeras dúvidas, me dispondo bibliografias e do seu toque de mestre no quesito escrita científica. Em resumo, tenho muito orgulho de ter vivido momentos engrandecedores ao seu lado.

A minha orientadora Dra. Rosana Mazzoni, meus agradecimentos pelos apontamentos na estrutura da dissertação e pela oportunidade de ter vínculo com o Laboratório de Ecologia de peixes da UERJ.

A UERJ, ao curso de pós-graduação em Ecologia e Evolução (PPGEE) e ao CNPq, pela possibilidade de realizar o projeto e pela concessão da bolsa.

A minha mãe, por ser a minha eterna parceira, onde em nenhum momento me questionou porque estou fazendo o que estou fazendo, só percebe a minha felicidade e me apoia.

Aos meus amigos que conviveram essa fase: Verônica Marques Feliciano, Denise Borges, Carlos Eduardo “Cadu”, Anderson Germano “Flash”, Bruno de Souza Moraes, Eduardo Silva Junior, Renata de Paulo Rocha e nossa querida Zete (Xerox Zoo-Bot, UFRJ), que participaram de alguma forma desta luta, sendo bons ouvintes, sempre acreditando no sucesso do trabalho, trocando ideias e alegrias, criando momentos para relaxar.

Aos meus queridos colegas de laboratórios: Dani Rosa, pelas inúmeras conversas de apoio e envio de materiais para leitura; Rafael Marques, por ser um pouco a alma do labeco peixes (UFRJ), suas brincadeiras, sua seriedade e me apoiando sempre que te encontrava; Thiago Barros, pela convivência, discussões e sua participação no meu primeiro resumo expandido; Nathália Carina, pelas reflexões e dicas de metodologias; Mateus de Paulo, pelas várias tarde e noite me fazendo companhia no lab “L” e sendo bom ouvinte; Professora Miriam Pilz Albrecht, por abrir-me as portas do labeco peixes (UFRJ). Pedro Paulo Aguiar, Karina Carvalho, Vitor Lopez, Suzane Barboza, Romullo Lima, Douglas Pereira, Igor Varonese, muito obrigada pelo ótimo convívio. No labeco peixes da UERJ eu agradeço a Ariane, por ser a pessoa doce e parceira; Viviane Bernardes, pelas dicas e trocas; Luisa Manna, pelas dicas e reflexões e a participação no meu artigo; Luiz Duarte, pela convivência, dicas e ajudas com a estatística; Rafael Azevedo, pelas conversas; Bruno, pelo ótimo convívio entre as disciplinas e nas minhas passadas no laboratório.

Não poderia deixar de agradecer aos peixes que trabalhei, aos pescadores que os coletaram, e aos pesquisadores que participaram dos monitoramentos desde 1991 até 2015.

São parte fundamentais desse processo e os peixes os fins. Este trabalho tem a finalidade de conhecermos cada vez mais a ecologia desta espécie a fim de conservá-la.

Mineração Rio do Norte S. A., pelo suporte logístico e financeiro durante as mais de duas décadas de monitoramento no Lago Batata, que nos permitiu estudar um sistema único sob uma perspectiva ecológica. Ao Dr. Francisco Esteves que viabilizou a participação do Laboratório de Ecologia de Peixes nesta tão importante tarefa.

Desistir...eu já pensei seriamente nisso, mas nunca me levei muito a sério, é que tem mais chão nos meus olhos do que o cansaço nas minhas pernas, mais esperança nos meus passos, do que tristeza nos meus ombros, mais estradas no meu coração do que medo na minha cabeça.

Cora Coralina

RESUMO

SOUZA, Natália Resende. *Padrões temporais na dieta do bagre Auchenipterichthys longimanus: efeito da regeneração de um igapó amazônico e especialização individual*. 2018. 74f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

A ecologia trófica de *Auchenipterichthys longimanus* (Günther, 1864) no Lago Batata foi estudada a partir de campanhas anuais no período de enchente, em longa série temporal. A base de dados deste estudo consistiu da análise quali-quantitativa (Frequência de ocorrência e Volume) do conteúdo estomacal, quantitativo (Quociente intestinal, Índice de Repleção estomacal, Fator de condição Relativo e Índice Hepatossomático) e qualitativo (Grau de Gordura Visceral). Utilizou-se 303 espécimes de peixes coletados com baterias padronizadas de redes em duas áreas: uma impactada por rejeito de bauxita (área Impactada) e uma área prístina (área natural). Comparou-se o hábito alimentar, intensidade alimentar, riqueza e composição dos itens alimentares, amplitude de nicho e condição corporal de *A. Longimanus* a fim de discutir os padrões exibidos nas áreas impactada e natural, bem como avaliar as variações desses parâmetros ao longo da regeneração do igapó e da influência da variação interanual do nível de inundação do lago (Capítulo I). O hábito alimentar das populações em ambas áreas foi generalista, com grupos de indivíduos especialistas e oportunistas. A intensidade alimentar foi menor e heterogênea (grande variação entre indivíduos) na área Impactada, e não apresentou aumento sob influência da regeneração do igapó. As riquezas foram similares entre áreas e não aumentaram sob influência da regeneração do igapó. A composição de itens alimentares entre áreas foi similar, porém os consumiram em diferentes proporções. O consumo de itens autóctones e alóctones entre áreas foram diferentes e, na área natural, variou sob influência do nível de inundação. Quando avaliamos a área Impactada, ao longo dos 24 anos de regeneração do igapó, a estrutura de itens alimentares consumidos se tornou similar ao da área natural, ou seja, consumiram itens de mesma origem (e.g. recurso vegetal, invertebrado terrestre, invertebrado aquático). As amplitudes de nicho entre áreas foram similares, mas quando observamos ao longo dos anos na área Impactada ocorreu aumento sob a influência do nível de inundação. A condição corporal da espécie se manteve sem diferenças significativas entre as diferentes áreas, temporalmente. Apresentamos, também, dados analisados com o objetivo de descrever quali-quantitativamente a dieta da população coletada na área natural, entre oito anos de monitoramento, comparando o aspecto intrapopulacional especialização individual, através da dieta de 113 espécimes (Capítulo II). Concluímos que no que se refere à especialização individual, a composição da dieta variou temporalmente, mas a especialização individual (IS) foi consistentemente alta em todos os anos. No tocante às variações associadas à recuperação do igapó, concluímos que a espécie demonstrou plasticidade alimentar, na qual refletiu na ausência de variação na condição corporal e demonstrou ser indicadora de recuperação do igapó.

Palavras-chave: Ecologia trófica. Especialização individual. Lago Batata. Bacia do Rio Trombetas. Onivoria. Plasticidade alimentar. Bagre amazônico.

ABSTRACT

SOUZA, Natália Resende. *Temporal patterns in the catfish diet *Auchenipterichthys longimanus*: regeneration effect of an Amazonian igapó and individual specialization*. 2018. 74f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Evolução) – Instituto de Biologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

The trophic ecology of *Auchenipterichthys longimanus* (Günther, 1864) in Lake Batata was studied in annual campaigns in the flood period, in a long time series. The data base of this study consisted of the qualitative and quantitative analysis of the stomach contents of 303 fish specimens collected with standardized sets of nets in two areas: one impacted by bauxite tailings (area with tailings) and another a pristine area (natural area). We used comparisons between dietary habits, food intensity, richness and composition of food items, niche width and body condition of *A. longimanus* in order to discuss the patterns exhibited in the areas with reject and natural, as well as to evaluate the variations of these parameters along the regeneration of the igapó, under the influence of the interannual variation of the level of flood in the lake (Chapter I). The food habit of the populations in both areas was generalist with groups of specialists opportunistic individuals. The food intensity was smaller and heterogeneous in the area with tailings and did not present increase under the influence of the igapó regeneration. Richness was similar between areas and did not increase under the influence of igapó regeneration. The composition of food items between areas was similar, but items was consumed in different proportions. The consumption of autochthonous and allochthonous items between areas was different and the natural area varied under the influence of flood level. When evaluating the area with tailings, during the 24 years of igapó regeneration, the structure of items consumed became similar to the natural area. The niche amplitudes between areas were similar, but when we observed over the years in the area with tailings, there was increase under the influence of flood level. The body condition of the species was maintained without significant differences between the different areas, temporarily. We also present data analyzed with the objective of describing qualitatively the diet of the population collected in the natural area, over 15 years comparing the intrapopulation aspect individual specialization, through the diet of 113 specimens (Chapter II). We conclude that in terms of individual specialization the composition of the diet varied temporarily, but the individual specialization (SI) was consistently high in all the years. Regarding the variations associated with the recovery of the igapó, we concluded that the species presented food plasticity, which was reflected in the absence of variation in the body condition and showed to be indicative of the recovery of the igapó.

Keywords: Trophic ecology. Individual especialization. Lake Batata. Trombetas River Basin. Onivoria. Food plasticity. Amazonian catfish.

LISTA DE FIGURAS

1 ECOLOGIA TRÓFICA DE UMA ESPÉCIE DE AUCHENIPTERIDAE: VARIAÇÃO INTERANUAL E ESPACIAL EM UM LAGO AMAZÔNICO IMPACTADO

Figura 1 –	Vista parcial do trecho do Lago Batata (Amazônia Central, Porto Trombetas – PA) impactado pela emissão de efluentes ricos em rejeito de bauxita, em período de águas baixas, década de 1980.	20
Figura 2 –	Foto aérea de parte do Lago Batata (Amazônia Central, Porto Trombetas-PA) em período de cheia, em maio de 2012.	20
Figura 3 –	Nível do Rio Trombetas, no período de enchente, ao longo de 11 anos de monitoramento. Medições com régua fluviométrica, agrupadas por médias diárias na data da coleta dos peixes no Lago Batata (Porto Trombetas, PA).	21
Figura 4 –	Registro fotográfico dos apetrechos de coleta e da metodologia de captura dos peixes no Lago Batata (Porto Trombetas, PA).	23
Figura 5 –	Mapa de área de estudo, Lago Batata, Município de Oriximiná, Pará, Brasil.	24
Figura 6 –	Exemplares fixados de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> (Günther, 1864) adultos, provenientes do Lago Batata, Porto Trombetas – PA.	24
Figura 7 –	Diagrama explicativo para a estratégia alimentar, a contribuição da presa para a largura de nicho e a importância da presa (AMUNDSEN et al., 1996).	26
Figura 8 –	Gráfico Amundsen para representação da estratégia alimentar de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> em 11 anos de monitoramento no Lago Batata, PA.	31
Figura 9 –	Variação no Quociente intestinal (QI) para as populações de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> ao longo de 11 anos de monitoramento, Lago Batata, PA.	32
Figura 10 –	Relação entre Quociente intestinal (QI) e consumo de recursos vegetais, e QI e índice de repleção estomacal (%IR), para as populações de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> ao longo de 11 anos de amostragens, Lago Batata, PA.	32
Figura 11 –	Valores de índice de repleção (IR%) para as amostras populacionais de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> , nas diferentes áreas no Lago Batata – PA.	33

Figura 12 -	Sementes e Frutos encontrados nos estômagos/intestinos de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> , coletados em período de enchente de 1991 a 2015, Lago Batata (PA), Amazônia Central.	72
Figura 13 (A) –	Índice alimentar (%IAi) dos itens consumidos pelos indivíduos coletados na área Impactada, agrupados em seis grandes categorias tróficas. Lago Batata, PA.	37
Figura 13 (B) –	Índice alimentar (%IAi) dos itens consumidos pelos indivíduos coletados na área natural, agrupados em seis grandes categorias tróficas. Lago Batata, PA.	37
Figura 14 –	Índice alimentar (%IAi) de itens autóctones consumidos por <i>Auchenipterichthys longimanus</i> , ao longo de 11 anos de monitoramento, na área impactada (AI). Lago Batata (Porto Trombetas – PA).	38
Figura 15 –	Relação anual entre amplitude de nicho (TNW) de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> e variação do nível de inundação do Rio Trombetas da população (PA).	39
Figura 16 –	Amplitude de nicho alimentar (TNW) da população de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> ao longo da regeneração do igapó na área Impactada e entre os anos na área natural. Segue no gráfico também a média da variação do nível de inundação entre os anos. Lago Batata – PA.	40
Figura 17 –	Relação peso-comprimento de <i>Auchenipterichthys longimanus</i> no Lago Batata, Amazônia Central, Porto Trombetas – PA, ao longo dos 11 anos de monitoramento.	40

2 HIGH TROPHIC INDIVIDUAL SPECIALIZATION IS CONSISTENTLY HIGH ACROSS TIME IN THE MIDNIGHT CATFISH

Figure 1 -	Population-wide prevalence of individual specialization (IS) for each year: observed values (filled dots) and expected values (dashed line) generated by a Monte Carlo null model. The dashed line indicates the median value for IS expected by the null model. The 95% confidence interval is not shown because it has small variance to median values (0.01).	65
------------	---	----

LISTA DE TABELAS

1 ECOLOGIA TRÓFICA DE UMA ESPÉCIE DE AUCHENIPTERIDAE: VARIAÇÃO INTERANUAL E ESPACIAL EM UM LAGO AMAZÔNICO IMPACTADO

Tabela 1 –	Ítems alimentares consumidos por <i>A. longimanus</i> ao longo dos 11 anos de monitoramento no Lago Batata (Porto Trombetas, PA).	28
Tabela 2 –	Média do Índice alimentar (%IAi) para itens consumidos por <i>Auchenipterichthys longimanus</i> coletados em área Impactada e área natural, período de enchente de 1991 a 2015, Lago Batata (Porto Trombetas, PA).	34
Tabela 3 –	Porcentagem de contribuição entre 68 itens consumidos por <i>Auchenipterichthys longimanus</i> , através da dissimilaridade de Bray-Curtis (análise SIMPER), Lago Batata (PA).	69
Tabela 4 –	Índice alimentar (IAi%) para Sementes e frutos consumidos por <i>Auchenipterichthys longimanus</i> coletados em área Impactada e área natural, de 1991 a 2015, Lago Batata (PA).	71
Tabela 5 –	Valores médios da riqueza de itens alimentares consumidos por <i>Auchenipterichthys longimanus</i> , em cada área de estudo, registrados durante o período de estudo no Lago Batata, PA.	36
Tabela 6 –	Índice alimentar (IAi%) para os 41 itens alimentares consumidos por <i>Auchenipterichthys longimanus</i> coletados em área Impactada, de 1991 a 2015, Lago Batata (PA).	73
Tabela 7 –	Índice alimentar (IAi%) para para os 41 itens alimentares consumidos por <i>Auchenipterichthys longimanus</i> coletados em área natural, de 1991 a 2015, Lago Batata (PA).	74
Tabela 8 –	Índice Alimentar (%IAi) de itens alóctones e autóctones consumidos por <i>Auchenipterichthys longimanus</i> , temporalmente entre áreas, e em diferentes níveis de inundação. Lago Batata (Porto Trombetas – PA). ...	38

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO GERAL.....	13
1	ECOLOGIA TRÓFICA DE UMA ESPÉCIE DE AUCHENIPTERIDAE: VARIAÇÃO INTERANUAL E ESPACIAL EM UM LAGO AMAZÔNICO IMPACTADO.....	16
1.1	Introdução.....	16
1.1.1	<u>Objetivo geral.....</u>	18
1.1.2	<u>Objetivos específicos.....</u>	18
1.2	Materiais e métodos.....	19
1.2.1	<u>Área de estudo.....</u>	19
1.2.2	<u>Levantamento fluviométrico interanual.....</u>	21
1.2.3	<u>Coleta dos peixes.....</u>	22
1.2.4	<u>Em laboratório.....</u>	24
1.2.5	<u>Análise de dados.....</u>	25
1.2.5.1	Caracterização do hábito alimentar.....	25
1.2.5.2	Análise das diferenças espaciais da dieta.....	27
1.2.5.3	Análise das diferenças temporais da dieta.....	29
1.2.5.4	Condição corporal.....	30
1.3	Resultados.....	30
1.3.1	<u>Caracterização do hábito alimentar.....</u>	30
1.3.2	<u>Análises de diferenças espaciais da dieta.....</u>	33
1.3.3	<u>Índice alimentar (IAi) entre áreas.....</u>	33
1.3.4	<u>Riqueza alimentar, índice alimentar (IAi) e amplitude de nicho interanual.....</u>	35
1.3.5	<u>Condição corporal.....</u>	40
1.4	Discussão.....	41
1.5	Conclusões.....	50
1.6	Referências.....	51
2	HIGH TROPHIC INDIVIDUAL SPECIALIZATION IS CONSISTENTLY HIGH ACROSS TIME IN THE MIDNIGHT CATFISH.....	59
2.1	Introduction.....	60
2.2	Material and methods.....	61
2.3	Results.....	62
2.4	Discussion.....	62
2.5	Appendix.....	64
2.6	References.....	66
	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
	APÊNDICE A – Tabela 3.....	69
	APÊNDICE B – Tabela 4.....	71
	APÊNDICE C – Figura 12.....	72
	APÊNDICE D – Tabela 6.....	73
	APÊNDICE E – Tabela 7.....	74

INTRODUÇÃO GERAL

Estudos sobre ecologia trófica tem demonstrado a variabilidade na alimentação entre teleósteos. Esta variação pode representar aspecto ambiental ou da biologia de cada espécie, a qual reflete a habilidade de adquirir fonte de alimento mais vantajosa ou disponível (*e.g.* GERKING, 1994; ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001; PEREIRA et al, 2017). A adaptabilidade trófica em ambientes sazonais como os lagos amazônicos, demonstra mudanças do consumo de um alimento para outro, tão logo ocorram alterações na abundância relativa do recurso alimentar em uso (GERKING, 1994; LOLIS, ADRIAN, 1996; GOULDING, 1980).

São evidenciadas nas discussões, a cerca da plasticidade trófica, a qualificação de hábito alimentar, referindo-se às populações de animais: generalista (quando não há preferência acentuada por uma fonte alimentar, utilizando um amplo espectro de alimentos); especialista (quando há dieta restrita a um número relativamente pequeno de itens e usualmente apresentando adaptações morfológicas relacionadas a alimentação) e oportunista (que se alimentam de fonte não usual de sua dieta e/ou fazem uso de uma fonte alimentar abundante e incomum) (ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001; GERKING, 1994). Essas possibilidades dependerão da capacidade da espécie em utilizar todos os recursos alimentares que sejam adequados a sua tática alimentar, aparato alimentar e capacidade digestiva (ALI; WOOTTON, 1999).

Perturbações antrópicas em ambientes aquáticos alteram a estrutura e o funcionamento de ecossistemas, interferindo na disponibilidade de recursos para as populações que os habitam (ESTEVES; ARANHA, 1999). O Lago Batata, recebeu efluentes de lavagem da bauxita durante 10 anos, explorado na região pela Mineração Rio do Norte S.A. Assim, a partir do cessar deste lançamento foi dado o início do monitoramento ambiental, o qual tem gerado dados acerca de interferências dos distúrbios sobre os fatores abióticos e bióticos (*e.g.* CALLISTO; ESTEVES, 1996; HALBOTH, 1995; REIS 1997, MANNEIMER, 1998; LIN, 2003, CABRAL, 2014 SOARES, 2015). A deposição de rejeito causou alterações paisagísticas e limnológicas (elevação do leito do lago com a redução da profundidade nas áreas afetadas; o aumento da temperatura pela maior influência da insolação em função da menor profundidade e ineficiência da cobertura vegetal de igapó; a formação de habitats mais instáveis), e biológicas (LIN; CARAMASCHI, 2005).

Neste contexto, também estão inclusos os estudos da ictiofauna. HALBOTH (1995) estudou a comunidade de peixes desta localidade e entre as espécies presentes na área, *Auchenipterichthys longimanus* (Günther, 1864) se destacou como a mais abundante, permanecendo assim até os dias atuais. A partir dos exemplares disponíveis, foi estudada a ecologia trófica da espécie, a partir da análise temporal de espécimes coletados em dois pontos, um em área sobre a influência de rejeito, outro em uma área natural. Estas variações foram investigadas sob perspectiva da variação interanual do nível de inundação.

Historicamente, os estudos ecológicos de nicho trófico são observados entre espécies e população. No entanto, muitas espécies aparentemente generalistas são compostas por indivíduos especialistas, que usam pequenos subconjuntos do nicho da população (BOLNICK et al., 2002)

Para esse estudo, com abordagem ecológica individual, foram utilizados exemplares extraídos de uma longa série temporal de 11 anos de coletas do bagre *Auchenipterichthys longimanus* (Günther, 1864). Essa espécie é abundante no Lago Batata (SOARES, 2015), corpo d'água da planície de inundação do trecho inferior do Rio Trombetas (PA). Embora o Lago Batata seja conhecido por ter um terço de sua área assoreada por deposição de rejeito de bauxita (BOZELLI et al., 2000), a origem dos exemplares considerados no segundo capítulo da presente Dissertação é de uma área natural, cujo igapó (mata alagada) acompanha as fases do pulso de inundação partindo da profundidade original do lago.

Com base nas distintas abordagens descritas acima, a dissertação foi dividida em dois capítulos. No **capítulo I** considerou-se a situação da alimentação do bagre *A. longimanus* frente ao assoreamento produzido pelo aporte de efluente contendo rejeito da lavagem de bauxita a um lago Amazônico. O aporte foi encerrado em 1989 e este estudo considerou indivíduos capturados entre 1991 e 2015 na área natural e na área impactada do lago. A fim de comparar aspectos espaciais, comparou-se o hábito alimentar, intensidade alimentar, da riqueza e composição dos itens alimentares, da amplitude de nicho e da condição corporal da espécie foi realizada entre as duas áreas. Ao longo dos anos, a área impactada gradualmente passou a desenvolver novo igapó e o efeito desta regeneração de habitat foi analisada para os mesmos aspectos mencionados acima.

No **capítulo II** analisou-se a variação na composição da dieta de *A. longimanus* e o grau de especialização individual ao longo de oito anos de monitoramento em área do Lago Batata. Buscou-se avaliar se a especialização dos indivíduos da espécie é um fenômeno consistente em escala temporal ampla. Este tópico, em formato de artigo (formatado segundo

as normas da revista), foi submetido ao periódico *Studies on Neotropical Fauna and Environment*.

1 ECOLOGIA TRÓFICA DE UMA ESPÉCIE DE AUCHENIPTERIDAE: VARIAÇÃO INTERANUAL E ESPACIAL EM UM LAGO AMAZÔNICO IMPACTADO

1.1 Introdução

Em ambientes aquáticos perturbações antrópicas podem afetar a sobrevivência dos peixes pela redução na disponibilidade de recursos (ESTEVES; ARANHA, 1999) e/ou pela perda de habitat. Por exemplo, os impactos do desmatamento em florestas amazônicas alagáveis prejudicam as comunidades de peixes onívoros/frugívoros, que em consequência, passam a se alimentar de frutos de espécies pioneiras, com baixo valor nutricional (CLARO-JR et al., 2004).

Em situação natural, ambientes alagáveis, como florestas de igapó, apresentam variações hidrológicas sazonais, mudando o nível da água e inundando florestas ripárias (BARTHEM; GOULDING, 2007). Logo, os regimes hidrológicos desempenham um papel importante na determinação da composição, estrutura e função biótica dos ecossistemas aquáticos (RICHTER et al., 1996).

Nesses ambientes alagáveis, os peixes buscam abrigo e alimento (insetos e frutos) (SAINT-PAUL et al., 2000; CLARO-JR. et al., 2004). Portanto, mudanças no nível da água podem afetar a dieta de peixes, representando alterações no comportamento, condições no uso do habitat (*e.g.* WINEMILLER, 1989) e interações inter e intraespecíficas (CHIPPS, 2007). Desse modo, o estudo de ecologia alimentar dos peixes fornece dados para entender as interações entre a fauna aquática e a floresta ripária (WINEMILLER, 1989).

A relação entre a quantidade de alimentos ingeridos e o peso do conteúdo em relação ao peso da espécie predadora permiti comparações entre a intensidade alimentar dos indivíduos coletados nas diferentes áreas (HYSLOP, 1980). E devido à correlação entre a estrutura do aparelho digestivo e o hábito alimentar dos peixes (WARD-CAMPBELL et al., 2005), mudanças na dieta de uma espécie podem causar modificações nos valores médios do quociente intestinal (BASILE-MARTINS; CIPÓLI; GODINHO, 1978; GODINHO, 1967; ZAVALA-CAMIM, 1996). Esses aspectos podem variar sob a ação da disponibilidade e variedade de alimentos, competição e fatores abióticos, como a mudança no nível de inundação (FREITAS et al., 2011). Da mesma forma, a reserva energética dos tecidos, ou seja, o fator de condição, pode variar expressando a condição dos indivíduos, ou seja, aptidão

frente a estas mudanças (NASH; VALENCIA; GEFFEN, 2006; CAMARA; CAMAMASCHI; PETRY, 2011).

Para este trabalho utilizou-se, como estudo de caso, o Lago Batata, que foi assoreado pela deposição de rejeito da mineração de bauxita e passou a ser monitorado após o término dessa ação, em 1989, para avaliar os efeitos sobre o ecossistema e as comunidades locais (BOZELLI et al., 2000). Os peixes, sendo nectônicos, são capazes de determinar até certo ponto a sua própria distribuição (PAYNE, 1986). Desse modo, na presença de alterações ambientais é possível que ocorra fuga de espécies sensíveis e a permanência de espécies resistentes (PITCHER; HART, 1982).

No Lago Batata, embora a composição da comunidade de peixes tenha se mostrado semelhante em áreas afetadas e áreas naturais, a estrutura em abundância e frequência refletiu o efeito negativo do ocorrido, principalmente para as espécies de Cichlidae e Anostomidae, que apresentaram um conjunto de espécies menor e menos persistente na área Impactada (CARAMASCHI et al., 2000). Por outro lado, Auchenipteridae, a família mais abundante, apresentou maior frequência na área impactada (HALBOTH, 1995) e *Auchenipterichthys longimanus* (Günther, 1864) se mostrou a espécie mais abundante durante anos de estudo (CARAMASCHI et al., 2000, SOARES, 2015).

Auchenipterichthys longimanus é uma das quatro espécies do gênero e é a de maior distribuição, sendo registrada nas bacias dos rios Amazonas e Orinoco (FERRARIS et al., 2005). É uma espécie que possui relação estreita com florestas alagáveis; comumente encontrada nos igapós. Na época de enchente, esses bagres invadem a mata inundada à procura de alimento perto das árvores, consumindo insetos e grande variedade e quantidade de frutos amadurecidos e sementes que caem na água (FERREIRA, 1992; MANNHEIMER, 1998). O potencial papel dessa espécie como dispersora de sementes foi estudado por MANNHEIMER et al. (2003), no Lago Batata, e por FREITAS et al., (2011), no lago Caxiuanã.

Devido a sua alta abundância e frequência de ocorrência em diferentes áreas no Lago Batata e ao longo de todo o tempo de monitoramento realizado no lago, *A. longimanus* mostrou-se uma espécie adequada para avaliação das variações no comportamento alimentar em escala espacial e em escala temporal.

Neste estudo, portanto, analisou-se o uso de recursos alimentares pela espécie em duas áreas do Lago Batata, em ampla escala temporal. E dentro desta perspectiva temporal não podemos deixar de testar a influência da variação do nível de inundação no lago sobre a alimentação da espécie estudada, ao passo que este lago faz parte do sistema rio-planície de

inundação tropical. Este sistema controla, a partir da variação do nível da água, o desenvolvimento das populações e processos ecológicos.

Nesse contexto, foram testadas as seguintes hipóteses: i) considerando as diferenças estruturais como heterogeneidade de habitat aquático e mata de igapó das áreas impactada e não impactada por rejeito de bauxita, espera-se valores menores para riqueza de itens consumidos e fator de condição de *A. longimanus* na área impactada; ii) considerando a reestruturação gradual dos habitats pela regeneração natural da floresta de igapó na área impactada, espera-se que o consumo dos diferentes itens alimentares e os valores do fator de condição da espécie tenderão a se igualar entre as áreas impactada e não impactada nos anos de 2010 a 2015; iii) considerando que as variações fluviométricas interanuais do Rio Trombetas afetam diretamente o grau de inundação do igapó, espera-se que níveis mais altos acarretem maior diversidade de recursos e consequentemente, maior amplitude de nicho nas duas áreas.

1.1.1 Objetivo geral

Investigar a variação da ecologia trófica de *Auchenipterichthys longimanus* ao longo de 11 anos de monitoramento sob condição natural e sob condição de regeneração gradual do habitat (igapó) impactado por rejeito de bauxita.

1.1.2 Objetivos específicos

- 1) Caracterizar a estratégia alimentar da espécie e comparar entre as áreas;
- 2) Avaliar a atividade alimentar da espécie no igapó natural e ao longo 24 anos do processo de regeneração do igapó, na área Impactada;
- 3) Avaliar quali-quantitativamente a composição da dieta e a amplitude de nicho alimentar da espécie entre as áreas e ao longo dos anos;
- 4) Avaliar a influência da variação interanual do nível do lago na dieta das populações nas duas áreas de estudo;
- 5) Comparar o fator de condição da espécie entre a área natural e a área em regeneração ao longo do tempo.

1.2 Materiais e métodos

1.2.1 Área de estudo

O Rio Trombetas é afluente da margem esquerda do médio Rio Amazonas e tem sua cabeceira no escudo cristalino das Guianas (RADAMBRASIL, 1976). Segundo a classificação de SIOLI (1984) é um rio de águas claras, ou seja, tem pouco material em suspensão.

A região do baixo Rio Trombetas apresenta pluviosidade anual de 2000 a 2500 mm e clima tropical úmido, com temperaturas médias anuais entre 24° e 26°C (AGRITEMPO, 2018). O Rio Trombetas obedece ao pulso de inundação amazônico, que se constitui em grande variação cíclica do nível da água. As águas altas (cheia) e águas baixas (seca) se referem aos picos máximos de enchente e vazante, respectivamente (PANOSSO, 2000 e CALLISTO, 2000).

O Lago Batata é um dos numerosos lagos associados às margens do trecho inferior do Rio Trombetas. Situa-se na margem direita do Rio Trombetas (01° 25' e 01° 35'S; 56° 15'W e 56° 25'W), próximo à localidade de Porto Trombetas, município de Oriximiná – PA. O lago apresenta águas claras, alta oxigenação, baixa condutividade e pH ácido (PANOSSO; KUBRUSLY, 2000). As profundidades e extensão de área alagada variam entre 1,2 m e 18 km² durante a seca (Figura 1) e 5,5 m e 30 Km² durante a cheia (PANOSSO, 2000) (Figura 2), quando a altura da coluna d'água aumenta, podendo chegar a 6 m (CABRAL, 2014). As margens do lago são dendríticas e de relevo suave, permitindo o estabelecimento da mata de igapó estacional (florestas periodicamente inundadas) (PRANCE, 1980; PANOSSO; MUEHE; ESTEVES, 1995; HUSZAR, 2000).

A bauxita é a principal matéria prima utilizada na produção de alumina (Al₂O₃) e do alumínio metálico. Na bacia amazônica os depósitos de bauxita são associados à série de barreiras do Terciário e as lateritas são encontradas no topo dos platôs situados ao longo do lado Noroeste do Rio Amazonas desde Oriximiná a Jardilândia, no Rio Jari (LAPA, 2000). Durante a retirada do sub-solo, partículas de argila estão aderidas ao minério. A argila, ao ser lavada no processo de beneficiamento, gera um rejeito lamoso constituído por 7% de sólidos (LAPA, 2000).

Figura 1 - Vista parcial do trecho do Lago Batata (Amazônia Central, Porto Trombetas – PA) impactado pela emissão de efluentes ricos em rejeito de bauxita, em período de águas baixas, década de 1980.



Legenda: A seta vermelha indica a área impactada do Lago Batata e a seta branca indica o canal e o sentido do Rio Trombetas

Fonte: Portal de notícias Estadão, 2002.

Figura 2 - Foto aérea de parte do Lago Batata (Amazônia Central, Porto Trombetas-PA) em período de cheia, em maio de 2012.



Fonte: https://www.flickr.com/photos/andre_cardoso/7462444194/

O rejeito foi lançado no Lago Batata consecutivamente entre 1979 e 1989, quando o processo foi interrompido. Aproximadamente um terço do lago foi afetado, ocorrendo a deposição do rejeito no sedimento e consequente diminuição da profundidade e transparência da água e morte do igapó por asfixia das raízes e perda de organismos bentônicos, planctônicos e nectônicos (BOZELLI et al., 2000), devido à perda de habitat.

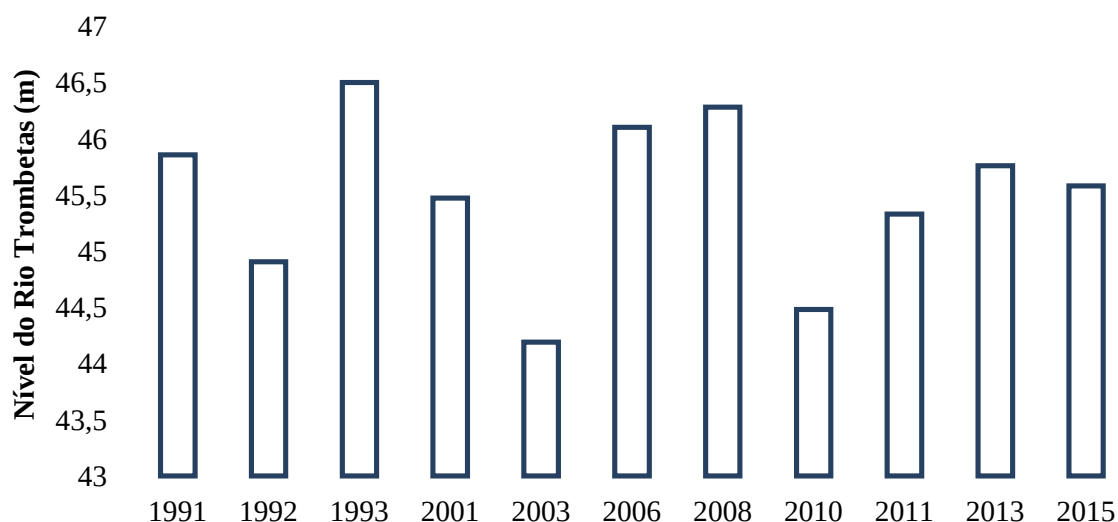
1.2.2 Levantamento fluviométrico interanual

No Lago Batata a inundação pode variar entre os anos, podendo apresentar variação na força do pulso de inundação e/ou na antecip  o ou atraso da enchente (*e.g.* SCH  NGART et al., 2007).

Assim, com a finalidade de descrever a variação hidrológica interanual do Rio Trombetas, medições realizadas com a régua fluviométrica do rio são apresentadas para os anos estudados. Os dados foram cedidos pela Mineração Rio do Norte (MRN).

O nível de inundação da data da coleta pode variar, podendo ocorrer inundação tardia ou antecipada. Para mostrar a variação interanual, as medições dos anos trabalhados foram agrupadas em m dias diárias da data em que ocorreram as coletas (Figura 3).

Figura 3 - Nível do Rio Trombetas, no período de enchente, ao longo de 11 anos de monitoramento. Medições com régua fluviométrica, agrupadas por m dias diárias na data da coleta dos peixes no Lago Batata (Porto Trombetas, PA).



Fonte: A autora, 2017.

1.2.3 Coleta dos peixes

Os peixes foram capturados anualmente nos meses de março e/ou abril que fazem parte do período de enchente do ciclo de inundação. Os peixes foram coletados com baterias de malhadeiras padronizadas (variando de 15 mm a 70 mm entre nós adjacentes) (Figura 4. A e B). As redes eram instaladas à 16 horas e redes e peixes eram retirados após quatro horas da instalação (início às 20 horas); as redes eram instaladas novamente às 4 horas da manhã seguinte e retiradas após quatro horas da instalação (início às 8h), totalizando, em média, 8 horas de exposição por rede.

Figura 4 - Registro fotográfico dos apetrechos de coleta e da metodologia de captura dos peixes no Lago Batata (Porto Trombetas, PA).



Legenda: (A) redes de emalhar utilizadas nas coletas; (B): rede de superfície disposta no lago.

Fonte: Foto: (A) - A autora, 2016; Foto (B) - Rafael Leitão, 2008.

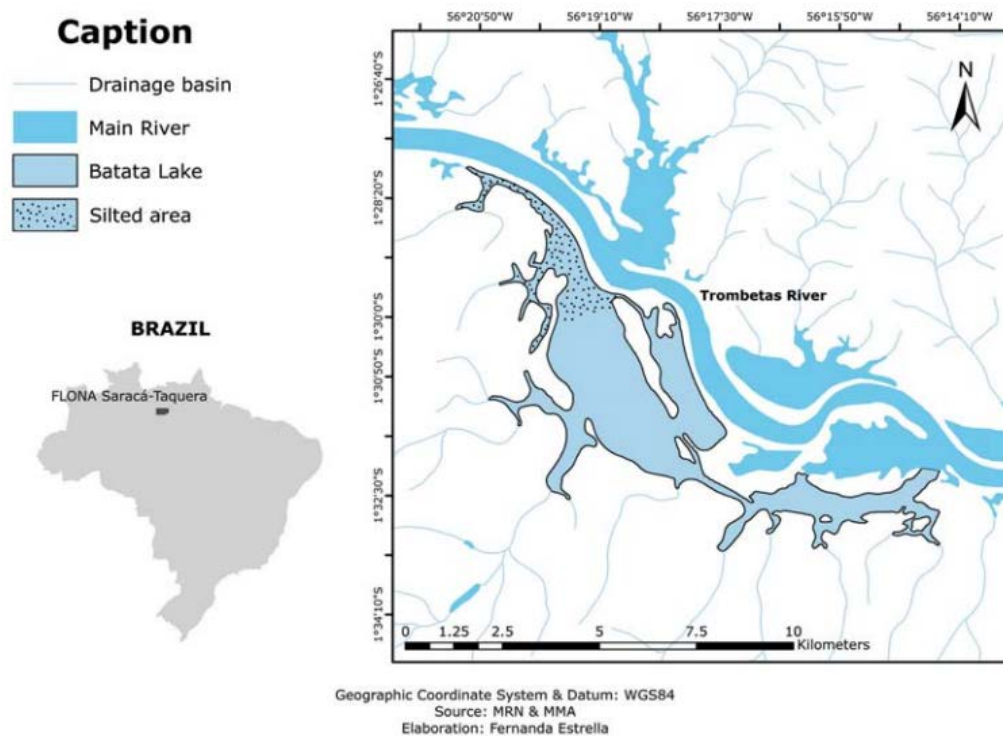
As coletas foram realizadas em duas porções do lago: “área Natural” (AN) e “área Impactada” (AI) (Figura 5). Os pontos de coleta na “área Natural” compreendem trechos de igapó e a área limnética adjacente, em regiões do lago onde não ocorreu deposição de rejeito de bauxita. A água, nessa área, é clara, com a extinção da penetração de luz mensurada por disco de Secchi igual ou superior a 1 m.

A área AI amostrada se localiza próximo à desembocadura do igarapé Caranã no Lago Batata, local onde foi despejado o rejeito de bauxita. Caracteriza-se por menor profundidade e transparência, com penetração do disco de Secchi variando de menos de 0,5 m no ano de 1991 a 1,3 m no ano de 2015. Todavia, a situação de menor turbidez não é estável, pois durante as águas baixas o vento ressuspende a argila reduzindo drasticamente a transparência por

diversas horas (LIN; CARAMASCHI, 2005). Por outro lado, no período de águas altas, a inundação homogeneiza as condições limnológicas do lago e reduz a compartimentação entre áreas impactadas e naturais (PANOSSO; KUBRUSLY, 2000).

O período de estudo investigou sobre população de *A. longimanus*, os indícios do processo de regeneração gradual das condições ambientais dessa área.

Figura 5 - Mapa de área de estudo, Lago Batata, Município de Oriximiná, Pará, Brasil.



Legenda: a Floresta Nacional Saracá-Taquera e o Rio Trombetas são destacados, assim como a área de assoreamento do lago (pontilhada).

Fonte: SOARES et al, 2017.

Os espécimes coletados foram identificados em campo (Figura 6), fixados em formol 10%, etiquetados individualmente e enviados para o laboratório de Ecologia de Peixes da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Figura 6 - Exemplares fixados de *Auchenipterichthys longimanus* (Günther, 1864) adultos, provenientes do Lago Batata, Porto Trombetas – PA.



Fonte: A autora, 2016.

1.2.4 Em laboratório

Os peixes analisados foram disponibilizados pelo laboratório de Ecologia de Peixes – UFRJ, que realiza monitoramento anual da ictiofauna do Lago Batata desde 1991. No total, 303 exemplares foram mensurados quanto ao comprimento padrão (mm) com ictiômetro e pesados em balança eletrônica, modelo AL500 – Marte Balanças Ltda (precisão 0,001g). Foram utilizados, para cada área (área Natural e Área Impactada) e ano de estudo, aproximadamente 15 indivíduos maduros (machos e fêmeas). Os indivíduos analisados foram capturados nos anos 1991, 1992, 1993, 2001, 2003, 2006, 2008, 2010, 2011, 2013 e 2015. Cada exemplar foi dissecado para extração e pesagem (g) do trato digestivo, do fígado e das gônadas. Essas mesmas estruturas foram, posteriormente, fixadas em álcool 70%.

Os estômagos foram analisados em microscópio estereoscópico (ZEISS Stemi DV4, 8-32X zoom) e os itens alimentares identificados com utilização de bibliografia especializada (BORROR et al., 1964; PÉREZ, 1988; HAMADA et al., 2014) e com a ajuda de especialistas em insetos aquáticos do laboratório de Entomologia da UFRJ. Os itens foram quantificados através da análise volumétrica com auxílio de uma placa de vidro com bordas de 1mm de altura e uma escala milimetrada, para os itens menores, conforme descrito em ALBRECHT e CARAMASCHI (2003). Os itens maiores, como sementes e frutos, foram quantificados através do método volumétrico (HYNES, 1950; HYSLOP, 1980) a partir da utilização de uma proveta graduada e preenchida com água onde cada item foi inserido separadamente e o seu

volume medido pelo deslocamento da coluna d'água para os itens maiores (para mais detalhes da metodologia, ver HYSLOP, 1980).

1.2.5 Análise de dados

1.2.5.1 Caracterização do hábito alimentar

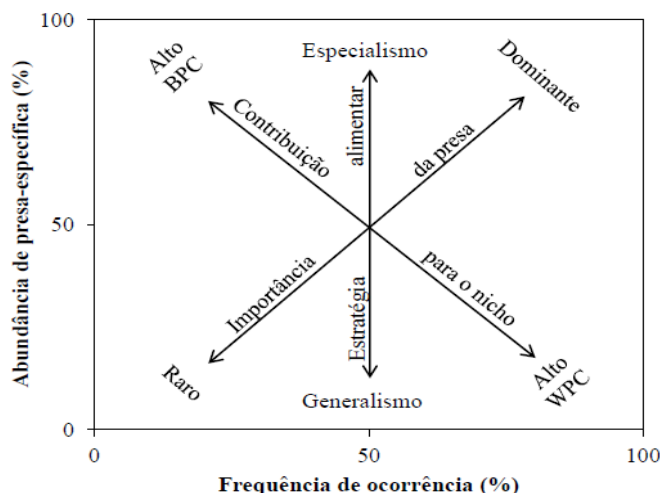
As estratégias alimentares das populações das diferentes áreas foram analisadas por meio do método gráfico de AMUNDSEN (1996). Foi utilizado esse método para classificar o consumo dos indivíduos e população, podendo ser generalista ou especialista. O método evidencia a estratégia alimentar e a importância das diferentes presas no conjunto da dieta da espécie. Essa análise é realizada a partir de gráficos gerados com os valores de abundância e da frequência de ocorrência das diferentes presas/itens consumidos.

O método utiliza: $A_i\%$ = porcentagem da abundância; $F_i\%$ = frequência relativa, então, $F_i\% = 100 (N_i/N)$ e $A_i\% = 100 (\sum S_i / \sum St')$. Onde, N_i = número de predadores com a presa i ; N = total do número de predadores com conteúdo estomacal; $\sum S_i$ = Somatório do volume do item i consumido pelos indivíduos; $\sum St'$ = Volume total de todos os itens consumidos pelos indivíduos que consumiram o item i . Os gráficos são interpretados de acordo com o diagrama mostrado na Figura 7.

A estratégia alimentar está representada pelo eixo vertical que indica a estratégia generalista e especialista. As diagonais representam a importância da presa, indo de itens raros a dominantes.

A contribuição para o nicho é interpretada a partir da concepção de que uma população com um nicho estreito deve necessariamente ser composta de indivíduos com nichos estreitos e especializados, e uma população com amplo nicho pode consistir de indivíduos com nicho estreito ou amplo ou uma combinação de ambos. Nesta relação, dois componentes separados identificam a contribuição para a largura total do nicho de uma população. Primeiro, cada indivíduo mostra variação em seu próprio uso de recursos (o fenótipo componente, WPC), e segundo, há variação no uso de recursos entre indivíduos (o componente entre fenótipos, BPC) (AMUNDSEN et al., 1996).

Figura 7 - Diagrama explicativo para a estratégia alimentar, a contribuição da presa para a largura de nicho e a importância da presa (AMUNDSEN et al., 1996).



Fonte: Távora, 2015.

Estimamos a amplitude de recursos utilizados pelas populações das diferentes áreas, a partir dos valores de volumes brutos dos itens da dieta dos indivíduos. Utilizou-se amplitude de nicho trófico (Amplitude da dieta), calculados seguindo as fórmulas de Roughgarden (1974). Utilizou-se o pacote *RinSp*, no software R, versão 1.0.136 para calcular a Amplitude de Nicho Total (TNW), a partir da expressão: $TNW = \text{Var}(x_{ij})$, onde: x_{ij} = tamanho ou medida do item j ; j = presa; i = indivíduo. Além do valor encontrado também é realizado escalonamento de Monte Carlo (usado para calcular distribuição nula para cada uma das estatísticas) e gera um valor de p testando a hipótese nula de que todos os indivíduos são amostrados igualmente da distribuição da dieta das populações (ZACCARELLI; BOLNICK; MANCINELLI, 2013). Análise de variância (ANOVA) bifatorial (CHAMBERS; HASTIE, 1992) foi usada para testar diferenças na alimentação das amostragens entre as áreas. Para a área natural foram utilizados os exemplares de *A. longimanus* dos anos 2001 a 2015, não existindo dados de volume bruto a serem trabalhados para os anos 1991, 1992 e 1993. Para a área impactada foram utilizados todos os anos.

O hábito alimentar de peixes pode variar com a disponibilidade de recursos alimentares e de acordo com sua ontogenia. Como consequência, o tubo digestivo passa por transformações morfológicas e estas podem ter reflexo em um quociente de proporcionalidade entre o tamanho do intestino e o tamanho do corpo do indivíduo (BARBIERI et al., 1994).

Assim, a caracterização do regime alimentar de uma espécie através do quociente intestinal pode ser muito útil quando se compara exemplares da mesma espécie, coletados em áreas diferentes ou/e épocas diferentes, pois podem auxiliar na identificação de possíveis

variações do comportamento alimentar entre os indivíduos ou populações (ZAVALA-CAMIN, 1996).

Como complemento da caracterização do hábito alimentar da espécie utilizamos o coeficiente intestinal (QI), calculado de acordo com a fórmula: $QI = CI/CP$, onde CI = comprimento do intestino e CP = comprimento padrão (*e. g.* BARBIERI et al., 1994). É esperado que valores maiores de QI na presença de alimentação mais frugívora e valores menores com a alimentação carnívora. Testou-se diferenças do QI entre as duas áreas, temporalmente, a partir de análise de variância (ANOVA) bifatorial e testou-se a influência da variação da intensidade alimentar e consumo de Recursos vegetais sobre QI, a partir de Regressões lineares. Diferenças entre sexos foram testadas com test t de Student.

1.2.5.2. Análise das diferenças espaciais da dieta

A fim de quantificar as diferenças da dieta em função das diferenças ambientais avaliamos a Riqueza de itens consumidos em cada área de estudo e o Índice Alimentar (IA_i), que indica a proporção de importância através de combinações de dados de medidas quantitativas (volume ou número) e qualitativas (frequência de ocorrência) dos itens conforme proposto por KAWAKAMI e VAZZOLER (1980): $IA_i = \{(F_i \cdot V_i) / \sum F_i \cdot V_i\} 100$, onde, i = determinado item alimentar; F_i = frequência de ocorrência (%) do item; V_i = volume (%) do item.

Utilizamos para o cálculo o volume bruto dos itens alimentares mensurados em laboratório para 303 exemplares. Porém, para os anos de 1991, 1992 e 1993, não houve exemplares disponíveis da área natural. Portanto, utilizaram-se dados de %IA_i retirados do estudo de MANNHEIMER (1998), para comparações entre os anos, um total de 60 indivíduos, 20 para cada ano.

O valor médio da riqueza de cada área de estudo foi determinado a partir dos valores individuais do número de diferentes itens alimentares registrados em cada estômago analisado. Para efeito da análise do %IA_i, os 68 itens alimentares registrados na dieta dos exemplares analisados foram agrupados em seis categorias abrangentes que agruparam os itens de acordo com o tipo de recurso (Tabela 1). Dessas, 29 tipos de sementes e frutos foram agrupados em um só subgrupo, Sementes e Frutos, na tabela 1.

Também foram realizadas comparações com teste de variância ANOVA, onde foram consideradas duas grandes categorias tróficas estabelecidas com base na origem dos recursos:

itens autóctones e itens alóctones. E foi testado, com regressão linear, a influência do nível do rio sob a origem dos itens consumidos.

Tabela 1 - Ítems alimentares consumidos por *A. longimanus* ao longo dos 11 anos de monitoramento no Lago Batata (Porto Trombetas, PA) (continua).

Grupos	Subgrupos
<i>Material Alóctone</i>	
Recursos Vegetal	Material Vegetais Sementes e Frutos
Invertebrados Terrestre	Araneae Blattodea Chilopoda Coleoptera (Curculionidae) (L) Coleoptera(A) Diplopoda Diptera (A) Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (A) Hemiptera(A) Hymenoptera (Formicidae) Hymenoptera (Vespidae) (A) Isopoda Isoptera Lepdoptera (L) Odonata (Zygóptera) (A) Oligochaeta Orthoptera Siphonaptera
Outros Terrestre	Hylidae Pele de Cobra Pena
<i>Material Autóctone</i>	
Invertebrados Aquáticos	Decapoda Diptera (L) Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (N) Ephemeroptera (<i>Asthenopus</i>) (N) Gastropoda Hidracarina Hirudinidae Naucoridae Odonata(N) Ostracoda Trichoptera (L)
Outros Aquáticos	Desova Invertebrado Escamas

(conclusão)	
	Macroalga
	Osteichthyes
Material não identificável	Fragmentos de Artropoda

Fonte: A autora, 2017.

As alterações espaciais da dieta foram estabelecidas a partir dos valores médios do IAI% de cada categoria trófica e dos valores médios do IAI% dos recursos alóctones e autóctones.

A variação entre os volumes relativos dos itens alimentares consumidos para cada indivíduo entre as áreas, temporalmente, foi testada por meio de uma análise multivariada permutacional, PERMANOVA (ANDERSON, 2001) (default = 999), pacote vegan (OKSANEN et al., 2017). Posteriormente, foi utilizada uma análise de porcentagem de similaridade (SIMPER) (CLARKE, 1993) para observar quais itens apresentaram a maior contribuição na diferenciação entre as áreas amostradas, adotando o coeficiente de Bray-Curtis.

Para avaliar as diferenças da atividade alimentar entre as áreas de estudo (com rejeito e natural) calculamos o Índice de Repleção Estomacal (IR%): $IR\% = 100(We/Wt)$, onde We = peso total do conteúdo estomacal e Wt = peso total do peixe em gramas (ZAVALA-CAMIN, 1996) e realizamos análise de variância ANOVA bifatorial para determinar se os valores de IR% diferiram entre as áreas, temporalmente. Foi utilizado teste t de Student para investigar diferenças entre os sexos. Regressão linear foi utilizada para verificar influência da variação interanual do nível de inundação sobre a atividade alimentar entre as áreas.

1.2.5.3. Análise das diferenças temporais da dieta

Consideramos três fases temporais, associadas à regeneração natural do igapó (AI), ao longo de 24 anos: primeiros anos após cessar o lançamento do rejeito (1991, 1992 e 1993); após 10 anos cessado o lançamento de rejeito no lago (2001, 2003, 2006 e 2008; após 20 anos cessado o lançamento de rejeito no lago (2010, 2011, 2013 e 2015), foram avaliadas através da análise de variância ANOVA bifatorial e comparadas com a variação temporal da área não afetada por rejeito. Foram utilizados como matriz de dados: riqueza, IAI% das diferentes categorias tróficas, ocorrência dos itens autóctones e alóctones e Amplitude de nicho. Regressões lineares foram testadas para verificar influência da variação interanual do nível de inundação sobre estes fatores.

1.2.5.4 Condição corporal

Analizamos a relação peso-comprimento através de uma equação potencial ($W = \text{peso total}$, $L = \text{comprimento total}$; $W = a \cdot L^b$). Para tal utilizamos o peso somático dos exemplares analisados. O coeficiente alométrico (b) da relação peso-comprimento foi aplicado no modelo do Fator de Condição Relativo (Kn - LE CREN, 1951) que foi usado como indicativo do bem-estar fisiológico dos indivíduos das amostras coletadas nas duas localidades.

Para verificarmos a reserva energética no fígado, o Índice Hepatosomático foi calculado com a razão entre o peso total e o peso do fígado (W_f), então: $IHS\% = 100(W_f/W)$ (AGOSTINHO et al., 1990).

O grau de gordura visceral foi estimado por mensuração visual, onde: 0 quando não existia gordura aparente; 1, quando existia gordura aparente e 2, quando existia muita gordura.

Análise de variância ANOVA bifatorial foi utilizada entre as áreas, temporalmente, para Kn e $IHS\%$. Para testar se houve relações entre diferentes índices (Kn , $IHS\%$, QI , $IR\%$) e GG , usamos regressões lineares e correlações, e test t de Student foi usado para testar diferenças entre sexos, áreas e anos.

1.3 Resultados

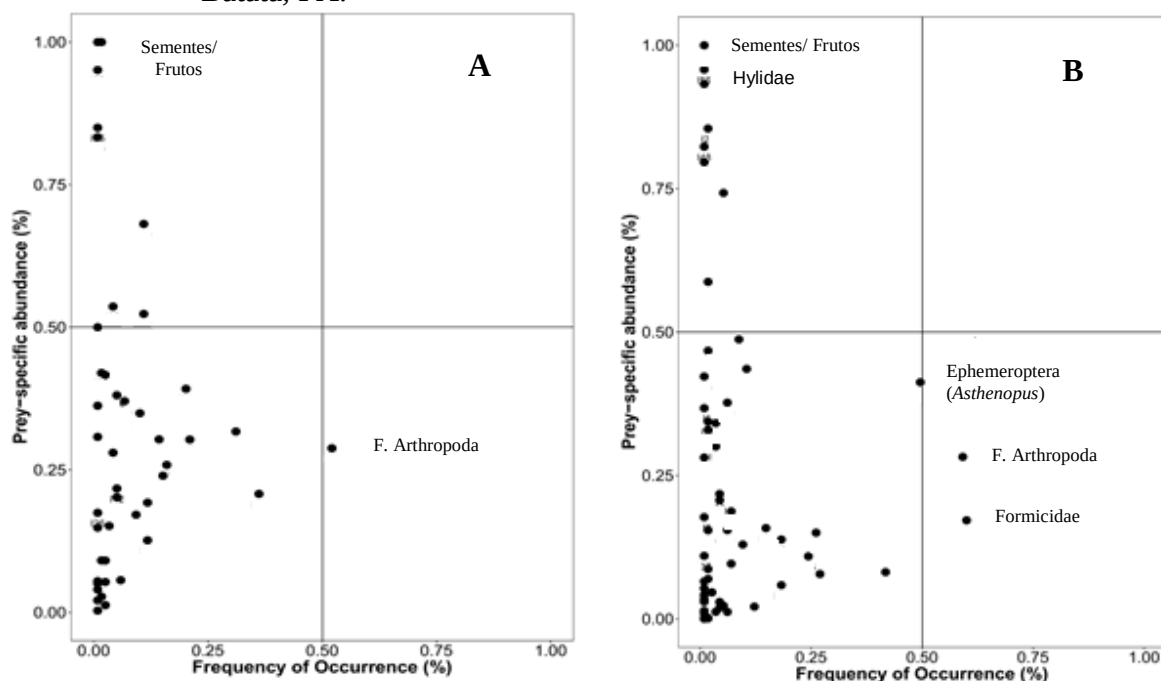
Foi analisado um total de 303 exemplares da espécie *Auchenipterichthys longimanus* ao longo do tempo de estudo, sendo 130 provenientes de AN e 173 de AI. Desses, 254 (84%) apresentaram conteúdo no trato digestório, na área impactada observou-se 95% dos indivíduos e na área natural 92%. Os espécimes apresentaram comprimento padrão entre 7,0 e 15,7 cm (média de 12,17 mm; $dp = 1,44$) e peso total entre 7,14 e 77,34 g (média de 41,18 g; $dp = 13.87$).

1.3.1 Caracterização do hábito alimentar

As populações de *A. longimanus* das duas áreas estudadas no Lago Batata apresentaram dieta generalista, já que nenhum item foi dominante (consumido em alta abundância pela maioria dos indivíduos). Em AI foram consumidos diversos itens que apresentaram abundâncias elevadas (Sementes e Frutos, e Nínfa de Ephemeroptera do gênero *asthenopus*), no entanto “Fragmentos de Arthropoda” foi o único item consumido por mais de

50% da população, mas em baixa abundância (Figura 8A). Em AN foram consumidos diversos itens em abundâncias relativas altas (Sementes e Frutos, Hylidae e Oligochaeta), no entanto Ephemeroptera (*Asthenopus*), Hymenoptera (Formicidae) e Fragmentos de Arthropoda apresentaram frequência de ocorrência igual ou superior a 50% da população, com baixa abundância (Figura 8B). Observa-se, ainda, pela Figura 8 A e B que a maioria dos itens consumidos o foram em baixas frequência e abundância, isso ocorreu a partir de consumo diferenciado entre os indivíduos.

Figura 8 - Gráfico Amundsen para representação da estratégia alimentar de *Auchenipterichthys longimanus* em 11 anos de monitoramento no Lago Batata, PA.



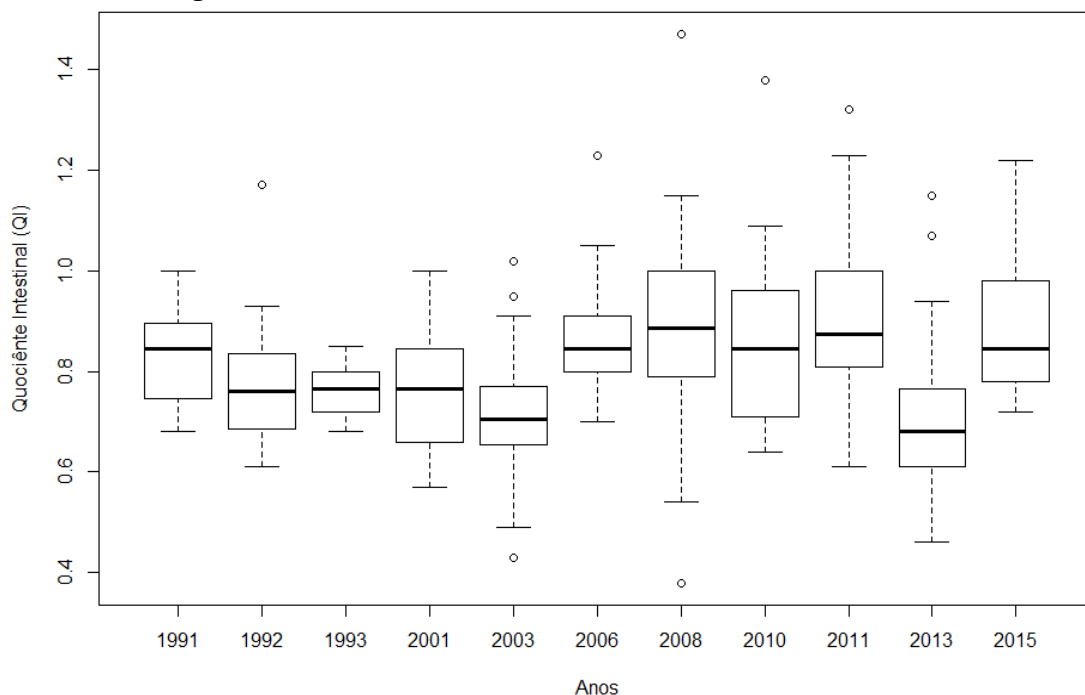
Legenda: (A) área Impactada ; (B) área Natural.
Fonte: A autora, 2018.

Entre as áreas, em média, a amplitude de nicho não foi significativa ($F = 0,15$; $p = 0,70$), apresentando valores similares ($TNW_{AI} = 2,12$; $dp = 0,45$ e $TNW_{AN} = 2,04$; $dp = 0,55$).

O valor médio do QI da espécie, para o período coletados (enchente), foi 0,82 ($dp = 0,16$) o que indica uma dieta onívora/onívora frugívora. Não houve diferenças significativas entre os valores do QI entre as áreas de estudo ($F = 1,68$; $df = 1$; $p = 0,20$), no entanto ocorreu entre os anos ($F = 10$; $df = 1$; $p < 0,01$) (Figura 9). O ano de 2011 representou a maior média (0,91, $dp = 0,16$) e 2013 a menor média (0,70, $dp = 0,16$), para os outros anos as médias variaram de 0,71 a 0,89. Ocorreu diferenças entre sexos ($t = 3,13$; $gl = 301$ $p = 0,002$), com fêmeas (média = 0,85; $dp = 0,16$) com QI maior que os machos (média = 0,79; $dp = 0,16$). De

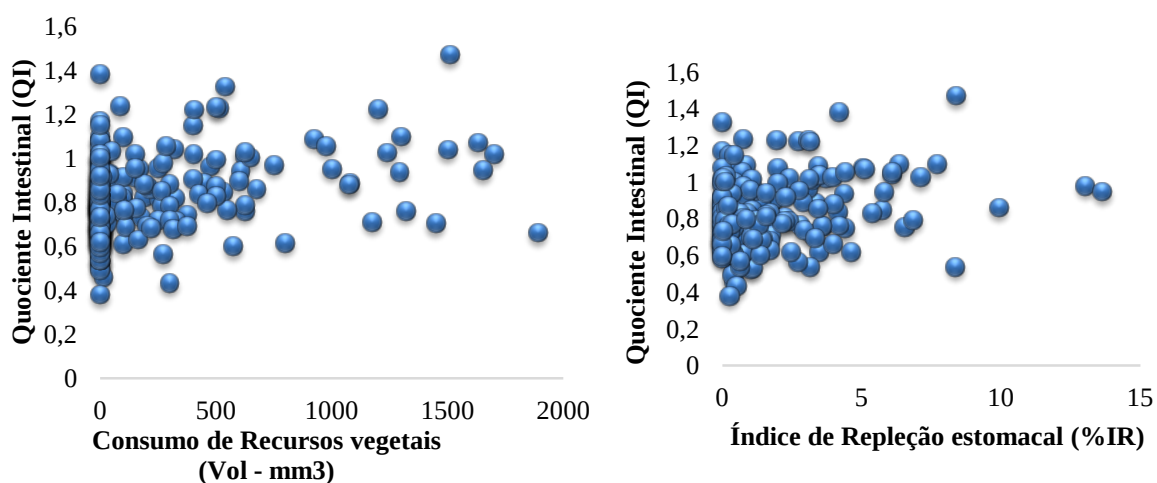
acordo com o modelo de regressão linear múltiplo gerado, a variação do QI é explicada ($R^2 = 0,14$) pela intensidade alimentar ($r = 0,01$; $p = 0,03$), consumo de Recursos vegetais ($r \leq 0,001$; $p \leq 0,001$) e sexo ($r = 0,05$; $p = 0,005$).

Figura 9 – Variação no Quociente intestinal (QI) para as populações de *Auchenipterichthys longimanus* ao longo de 11 anos de monitoramento, Lago Batata, PA.



Fonte: A autora, 2018.

Figura 10 – Relação entre Quociente intestinal (QI) e consumo de recursos vegetais, e QI e índice de repleção estomacal (%IR), para as populações de *Auchenipterichthys longimanus* ao longo de 11 anos de amostragens, Lago Batata, PA.

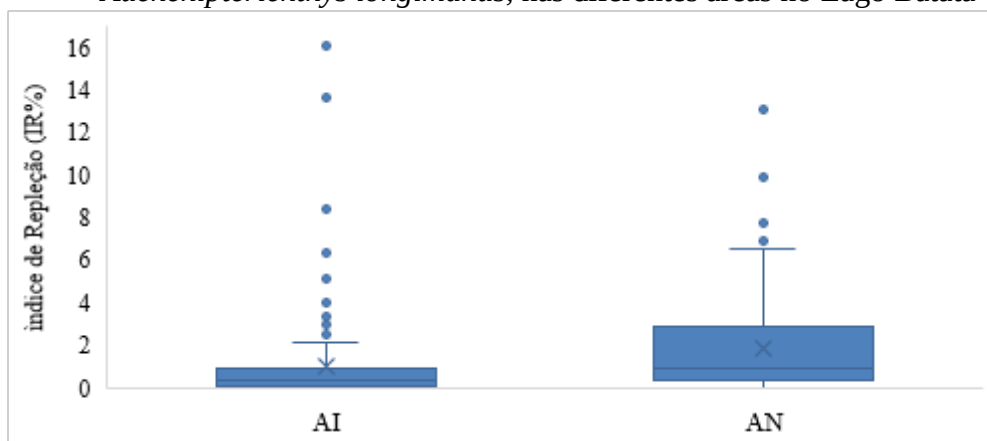


Fonte: A autora, 2018.

1.3.2 Análise das Diferenças Espaciais na Dieta

O índice de intensidade alimentar (%IR) de *A. longimanus* variou de 0 a 16,09% (Figura 11). Os valores médios de %IR registrados entre as áreas foram: AN (1,86%; dp = 1,41) e AI (0,97%; dp = 0,93). Foram observadas diferenças significativas entre as áreas natural e com rejeito ($F = 6,80$; $p = 0,001$), e marginalmente significativa na interação espaço/tempo ($F = 2,80$; $p = 0,09$). Porém, ao longo da regeneração do igapó não houve aumento na atividade alimentar ($R^2 = 0,25$; $p = 0,10$). A variação do nível de inundação, para o mesmo período do ciclo hidrológico, não influenciou a intensidade alimentar em ambas as áreas, AI ($R^2 = 0,12$; $p = 0,36$) e AN ($R^2 = 0,13$; $p = 0,41$).

Figura 11 - Valores de índice de repleção (IR%) para as amostras populacionais de *Auchenipterichthys longimanus*, nas diferentes áreas no Lago Batata – PA.



Legenda: Área Impactada (AI) ; Área Natural (AN).

Fonte: A autora, 2018.

1.3.3 Índice alimentar (IAi) entre áreas

Ambas as áreas apresentaram alto consumo dos itens alimentares de origem alóctone (Tabela 2). Os indivíduos da área Impactada consumiram itens alóctones em maior proporção do que aqueles da área natural ($IAi_{AI} = 97,35\%$ e $IAi_{AN} = 90,47\%$). Já para os itens autóctones a maior proporção no consumo foi observada na área natural ($IAi_{AI} = 2,65\%$ e $IAi_{AN} = 9,84\%$). As diferenças de consumo dos itens alóctones ($t = 2,05$; $gl = 14$; $p = 0,06$) e autóctones ($t = -2,05$; $gl = 14$; $p = 0,06$) entre as áreas foram significativas.

Tabela 2 – Média do Índice alimentar (%IAi) para itens consumidos por *Auchenipterichthys longimanus* coletados em área Impactada e área natural, período de enchente de 1991 a 2015, Lago Batata (Porto Trombetas, PA) (continua)

Itens Alimentares	Índice alimentar (%IAi)		Total
	AI	AN	
Material Alóctone	97,35	90,16	90,47
Recursos Vegetais	55,15	40,15	47,53
Material Vegetal	1,69	2,95	2,72
Sementes e Frutos	55,32	43,08	46,82
Invertebrados Terrestres	24,71	35,84	30,81
Araneae	0,18	0,86	0,59
Blattodea	0,05	0,03	0,03
Chilopoda	0,00	0,19	0,06
Coleoptera (Curculionidae) (L)	0,00	0,01	<0,01
Coleoptera(A)	2,92	1,76	2,40
Dermaptera	0,00	<0,01	<0,01
Diplopoda	<0,01	<0,01	0,12
Diptera (A)	0,24	0,04	<0,01
Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (A)	0,00	<0,01	<0,01
Hemiptera(A)	0,84	0,78	0,92
Hymenoptera (Formicidae)	4,91	13,46	11,14
Hymenoptera (Vespidae) (A)	0,38	0,63	0,56
Isopoda	1,04	0,55	<0,01
Isoptera	2,34	0,96	0,76
Lepidoptera (L)	0,14	0,41	0,24
Odonata (Zygoptera) (A)	0,05	0,07	0,05
Oligochaeta	0,00	0,38	0,06
Orthoptera	1,44	3,83	3,04
Siphonaptera	0,00	<0,01	<0,01
Outros Terrestres	0,17	0,02	0,08
Hylidae	0,18	0,09	0,09
Pele de Cobra	<0,01	0,00	<0,01
Pena	0,00	<0,01	<0,01
Material Autóctone	2,65	9,84	9,53
Invertebrados Aquáticos	2,96	12,86	7,65
Decapoda	0,00	<0,01	<0,01
Diptera (L)	<0,01	<0,01	<0,01
Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (N)	0,01	0,01	0,00
Ephemeroptera (<i>Asthenopus</i>) (N)	1,13	9,74	6,39
Gastropoda	0,02	0,03	0,02
Hidracarina	<0,01	<0,01	<0,01
Hirudinidae	0,00	0,01	0,01
Naucoridae	0,06	0,01	0,01
Odonata(N)	<0,01	0,09	0,04
Ostracoda	0,04	0,04	0,03

(conclusão)

Trichoptera (L)	0,01	0,01	0,01
Outros Aquáticos	0,18	0,36	0,29
Desova Invertebrado	0,00	0,06	0,02
Escamas	0,00	0,01	<0,01
Macroalga	0,00	<0,01	<0,01
Osteichthyes	0,12	0,10	0,12
Material não identificável	16,83	10,77	13,63
Fragmentos de Artrópodos	26,88	18,59	23,73

Legenda: A = Adulto, L = Larva, N = Nífa ou Náide, P = Pequena e G = Grande.

Fonte: A autora, 2018.

Ocorreram diferenças no consumo entre áreas (6,62%; $p = 0,01$) e entre os anos (1,42%, $p = 0,001$) de acordo com o resultado da PERMANOVA.

A partir dos resultados da análise SIMPER, os itens alimentares que mais contribuíram com a dissimilaridade entre as áreas foram: Fragmentos de Arthropoda (85%) Ephemeroptera (*Asthenopus*) (71%); Formicidae (63%); Frutos e Sementes (56%); Material Vegetal (51%) (Tabela 3). Para resultados completos desta análise ver tabela 4 (APÊNDICE).

Para Sementes e Frutos foi observado que *A. longimanus*, em média, consumiu um tipo por indivíduo. Na área natural ocorreu maior riqueza de Sementes e frutos ($n = 22$) do que na área Impactada ($n = 15$). As sementes e frutos menores que 25mm^3 foram mais diversas que as maiores que 25mm^3 , em ambas as áreas. A média do consumo entre os anos destas Sementes e frutos menores foi maior que 95% na área impactada, enquanto que na área natural foi menor que 72% (Tabela 4 – APÊNDICES). Na área impactada o consumo de sementes e frutos maiores foi menor que 6%, porém na área natural chegou próximo de 30%. Imagens das Sementes e frutos consumidos em Figura 12 (APÊNDICES).

O resultado da análise de permutação para as Sementes e frutos demonstrou que ocorreu variação significativa no consumo entre as áreas ($F = 3.81$; $p = 0.001$) e entre os anos ($F = 5.59$; $p = 0.001$).

1.3.4 Riqueza, Índice alimentar (IAi%) e amplitude de nicho interanual

Observamos que a riqueza de itens alimentares consumidos em cada área foi maior na área natural (41 itens), do que na área Impactada (34 itens). No entanto, não foi observada variação significativa ($F = 0,090$, $p = 0,77$) para o teste da riqueza de itens consumidos entre as áreas nos diferentes anos (Tabela 5). Não ocorreu influência da variação do nível de

inundação sobre a riqueza da área natural ($R^2 = 0,30$; $p = 0,08$) e da área Impactada ($R^2 = 0,23$; $p = 0,13$).

Tabela 5 - Valores médios da riqueza de itens alimentares consumidos por *Auchenipterichthys longimanus*, em cada área de estudo, registrados durante o período de estudo no Lago Batata, PA.

	AI	AN
(1991 a 1993)	15	20
(2001 a 2008)	17	18
(2010 a 2015)	15	19

Legenda: Área impactada (AI) e Área natural (AN)

Fonte: A autora, 2018.

A análise do IAI%, de acordo com as 6 categorias tróficas agrupadas (Recurso vegetal, Invertebrado Terrestre, Invertebrado aquático, Outros Terrestres, Outros aquáticos e Fragmento de arthropoda), revelou que não houve diferença significativa na dieta de machos e fêmeas ($p > 0,05$) e, portanto, analisamos conjuntamente os resultados do IAI% de ambos os sexos. Os valores médios do IAI% das 4 categorias tróficas predominantes (Recurso vegetal, Invertebrado Terrestre, Invertebrado aquático e Fragmento de arthropoda) para as áreas de estudo estão apresentados na figura 13 (A e B). Os valores detalhados por item consumido estão apresentados na Tabela 6 e 7 (APÊNDICES).

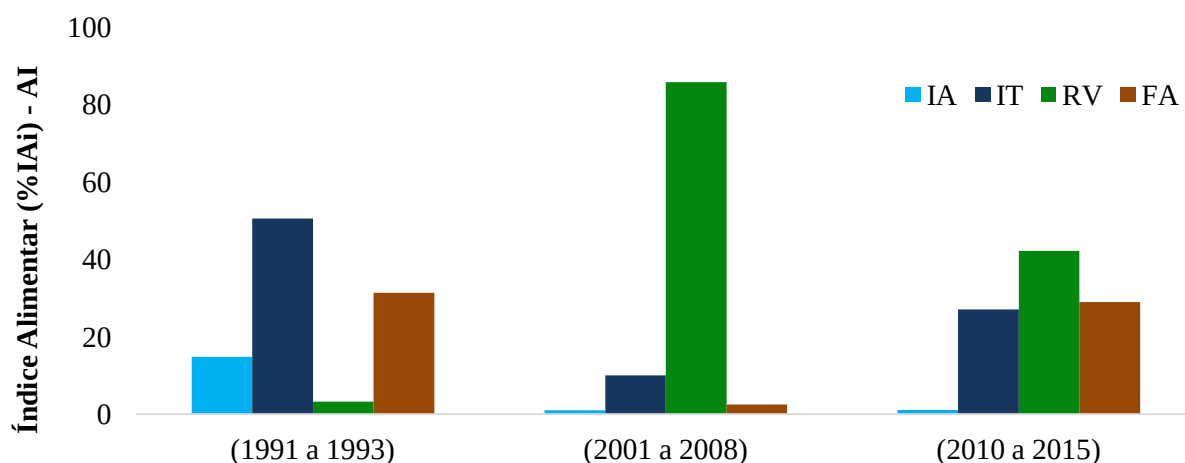
O consumo de itens alimentares variou ao longo da regeneração do igapó (AI), (Figura 13 A e B). Nos primeiros anos após cessar do lançamento de rejeito (anos 1991, 1992 e 1993) a dieta da população foi mais que 50% baseada em invertebrados terrestres. Também ocorreu um consumo de invertebrados aquáticos nesta fase, não chegando a 15%. Recursos vegetais, como sementes e frutos foram consumidos de forma moderada, com menos de 4%.

Dez anos após o cessar do lançamento de rejeito (2001, 2003, 2006 e 2008), a dieta de *A. longimanus* apresentou variações refletindo o processo de regeneração do igapó. Recursos vegetais foi item importante, com mais de 85% do consumo. Também ocorreu consumo de invertebrados terrestres nestes anos, porém não chegou a 11%. Invertebrados aquáticos apresentaram uma queda no consumo chegando a menos de 1%.

Vinte anos após o cessar do lançamento de rejeito (2010, 2011, 2013 e 2015), a dieta apresentou variação nas categorias de recursos. Recursos vegetais foi menos consumido quando comparado aos anos anteriores, porém, foi de grande importância (IAI = 43%). Ocorreu um aumento no consumo de invertebrados terrestres (IAI = 27%). O consumo de invertebrados aquáticos continuou apresentando percentual baixo, com menos de 1%.

Assim, quando comparamos os três períodos, observamos que, nos últimos anos (2010 a 2015), ocorreu semelhança no padrão de consumo nas duas áreas, Recursos vegetais como itens mais consumidos, em seguida Invertebrados terrestres e logo após Invertebrados aquáticos.

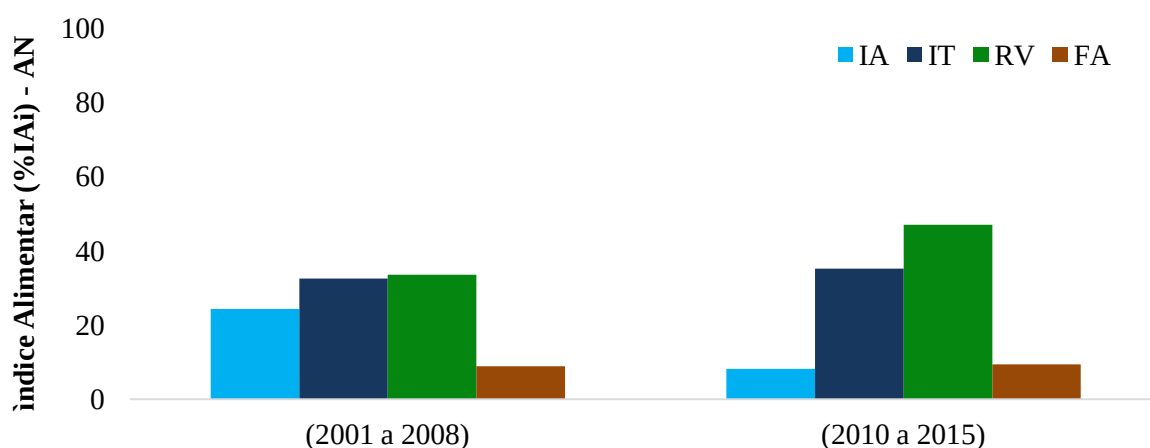
Figura 13 (A) - Índice alimentar (%IAi) dos itens consumidos pelos indivíduos coletados na área Impactada, agrupados em seis grandes categorias tróficas. Lago Batata, PA.



Legenda: Os valores demonstram grupos de anos em três períodos: (1991,1992 e 1993); (2001, 2003, 2006 e 2008) e (2010, 2011, 2013 e 2015). IA – Invertebrados Aquáticos, IT – Invertebrados Terrestres, RV – Recurso Vegetal, FA – Fragmento de Artropoda.

Fonte: A autora, 2018.

Figura 13 (B) - Índice alimentar (%IAi) dos itens consumidos pelos indivíduos coletados na área natural, agrupados em seis grandes categorias tróficas. Lago Batata, PA.

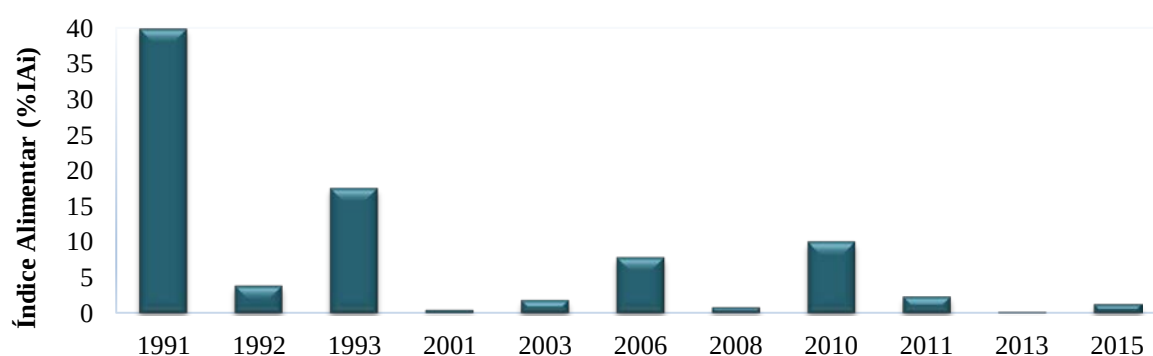


Legenda: Os valores demonstram grupos de anos em dois períodos: (2001, 2003, 2006 e 2008) e (2010, 2011, 2013 e 2015). IA – Invertebrados Aquáticos, IT – Invertebrados Terrestres, RV – Recurso Vegetal, FA – Fragmento de Artropoda.

Fonte: A autora, 2018.

Avaliando o consumo de itens alimentares sob o efeito da regeneração do igapó (área Impactada), observamos que o consumo de itens alóctones não variou ao longo dos anos ($F = 1,75$; $p = 0,22$). No entanto, o consumo de itens autóctone variou entre os anos ($F = 5,72$; $p = 0,04$) e esta variação apresentou diminuição no consumo destes itens ao longo do tempo ($R^2 = 0,39$; $r = -0,86$; $p = 0,04$) (Figura 14). Na área natural o consumo de itens alóctones ($F = 0,32$; $p = 0,59$) e autóctones ($F = 0,05$; $p = 0,84$) não variou entre os anos. A relação do consumo de itens autóctones e alóctones não foi explicada pelo nível de inundação, em ambas as áreas, Natural (autóctone: 0,04%; $p = 0,58$ e alóctones: 0,02%; $p = 0,72$) e Impactada (autóctone: 0,008%; $p = 0,78$ e alóctone: 0,017%; $p = 0,69$) (Tabela 8).

Figura 14 - Índice Alimentar (%IAi) de itens autóctones consumidos por *Auchenipterichthys longimanus*, ao longo de 11 anos de monitoramento, na área impactada (AI). Lago Batata (Porto Trombetas – PA).



Fonte: Natália Souza, 2018.

Tabela 8 - Índice Alimentar (%IAi) de itens alóctones e autóctones consumidos por *Auchenipterichthys longimanus*, temporalmente entre áreas, e em diferentes níveis de inundação. Lago Batata (Porto Trombetas – PA). (continua)

Área_Ano	Autóctones	Alóctones	Nível do Rio Trombetas (m)
AR_1991	39.87	45.55	45.12
AR_1992	3.84	52.16	43.70
AR_1993	17.53	55.02	45.69
AR_2001	0.44	98.86	45.58
AR_2003	1.83	96.86	44.23
AR_2006	7.85	88.43	46.30
AR_2008	0.80	94.91	46.28
AR_2010	9.99	83.42	45.94
AR_2011	2.32	86.98	45.33
AR_2013	0.13	62.42	45.76
AR_2015	1.26	56.74	46.77
AN_2001	63.87	22.61	45.58
AN_2003	61.02	32.42	44.23
AN_2006	6.45	88.30	46.30

(conclusão)

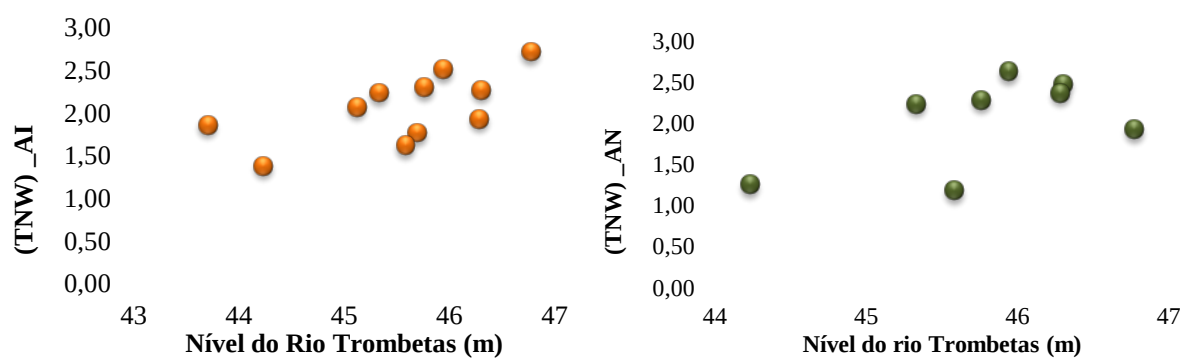
AN_2008	4.51	88.86	46.28
AN_2010	4.54	75.20	45.94
AN_2011	3.45	83.66	45.33
AN_2013	1.11	87.91	45.76
AN_2015	26.45	71.35	46.77

Legenda: Área natural (AN) e Área impactada (AI).

Fonte: A autora, 2018.

A análise de variância da amplitude de nicho apresentou diferenças significativas entre os anos ($F = 12,77$; $p = 0,003$). E essa variação, para a área impactada foi crescente ($R^2 = 0,37$; $r = 0,03$; $p = 0,05$), porém, em AN a variação foi aleatória ($R^2 = 0,36$; $p = 0,11$) (figura 15). A variação na amplitude de nicho alimentar foi crescente e explicada pelo nível de inundação em AI ($R^2 = 0,40$; $r = 0,28$; $p = 0,04$), contudo, para AN não foi observada ($R^2 = 0,29$; $p = 0,09$) (Figura 16).

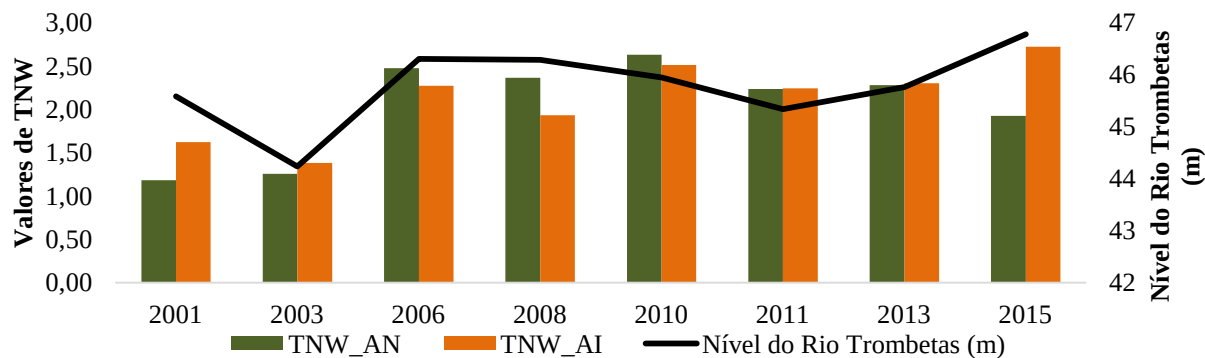
Figura 15 – Relação anual entre amplitude de nicho alimentar (TNW), de *Auchenipterichthys longimanus* e variação do nível de inundação do Rio Trombetas da população (PA).



Legenda: Área impactada (AI) e área natural (AN).

Fonte: A autora, 2018.

Figura 16 - Amplitude de nicho alimentar (TNW) da população de *Auchenipterichthys longimanus* ao longo da regeneração do igapó na área Impactada e entre os anos na área natural. Segue no gráfico também a média da variação do nível de inundação entre os anos. Lago Batata – PA.



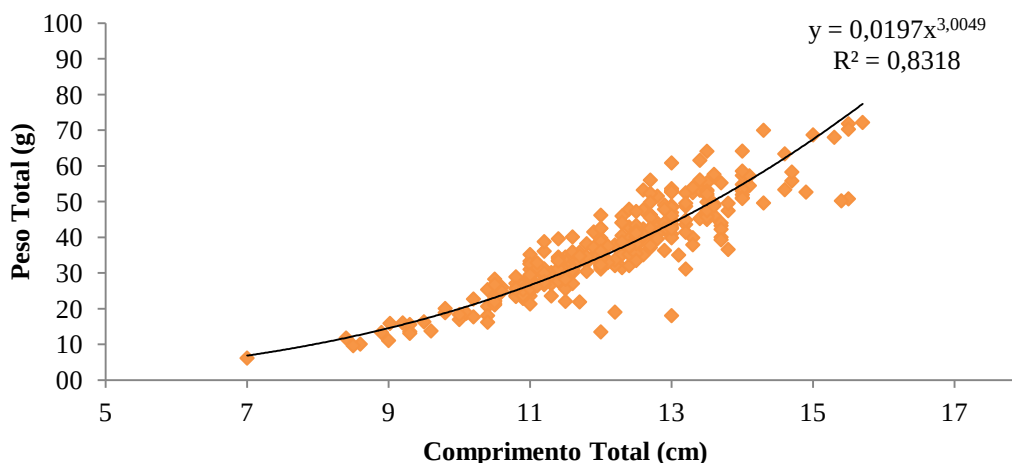
Legenda: Área impactada (AI) e área natural (AN)

Fonte: Natália Souza, 2018.

1.3.5 Condição Corporal

As populações entre os 11 anos amostrados apresentaram crescimento isométrico ($b = 3.0049$). O coeficiente de determinação foi alto ($R^2 = 0,83$), evidenciando que a equação apresenta alto poder preditivo do peso a partir do comprimento (Figura 17). A análise de similaridade para o Kn não demonstrou variação significativa entre sexos ($t = 1.88$; $gl = 301$; $p = 0.06$). Não ocorreu variação entre áreas ($F = 0,002$; $p = 0.96$) e anos ($F = 1.84$; $p = 0,18$), e nem ocorreu variação significativa sob o efeito da variação interanual na inundação ($R^2 = 0,26$; $p = 0,76$).

Figura 17 - Relação peso-comprimento de *Auchenipterichthys longimanus* no Lago Batata, Amazônia Central, Porto Trombetas – PA, ao longo dos 11 anos de monitoramento.



Fonte: Natália Souza, 2018.

Houve variação significativa para IHS% entre anos ($F = 5,46$; $p = 0,02$), porém não entre áreas ($F = 0,006$; $p = 0,94$). Em média os valores maiores foram para os anos de 2001 (1,63; $dp = 0,88$) e 2015 (1,49; $dp = 0,56$), e menores nos anos 2006 (1,29; $dp = 0,41$) e 2008 (1,14; $dp = 0,36$). Ocorreram diferenças entre sexos ($t = 4,23$; $gl = 301$; $p \leq 0,01$), em média fêmeas (1,51; $dp = 0,60$) possuíram fígados mais pesados do que os machos (1,25; $dp = 0,48$). Os resultados demonstraram que IHS não apresentou correlação com Kn, IR% e Consumo de Recursos vegetais.

Os valores de IHS%, peso da Gônada e Grau de gordura visceral correlacionaram positivamente ($p \leq 0,05$), fêmeas (média = 1,36; $dp = 0,53$) continham mais gordura visceral que machos (média = 1,15; $dp = 0,55$) ($t = -4,21$; $gl = 151$; $p < 0,01$).

1.4 Discussão

Auchenipterichthys longimanus apresentou hábito onívoro/frugívoro e um comportamento alimentar generalista, formado por grupos de indivíduos especialistas, no Lago Batata. A intensidade alimentar, a riqueza de itens, a proporção de itens autóctones e alóctones, e a proporção dos itens alimentares variaram entre os indivíduos coletados na área natural e na área impactada, porém as condições corporais dos indivíduos não variaram. Dentro desta avaliação entre áreas, a primeira hipótese, na qual se esperava que a área Impactada fosse menos rica que a área natural, não foi corroborada. Entre os anos, o número de itens alimentares se manteve constante para as duas áreas, mas a proporção dos itens alimentares e o quociente intestinal variaram. Ocorreu variação também na proporção de itens autóctones e na amplitude de nicho alimentar na área impactada. Dentro da avaliação interanual na proporção de itens alimentares, nos anos mais recentes (2010 a 2015), ocorreu semelhança na estrutura do consumo da população da área Impactada com a da área natural, corroborando com uma parte da segunda hipótese do trabalho. O fator de condição se manteve similar ao longo de todos os anos nas diferentes áreas, assim, a outra parte da segunda hipótese não corroborou. Somente a amplitude de nicho da população da área Impactada apresentou aumento sob influência da variação de nível de inundação, corroborando com a terceira hipótese do trabalho.

Variações no comportamento alimentar de peixes são frequentemente observadas e podem estar relacionado a condições ambientais, atributos ecológicos (*e.g* competição), e/ou a características de suas histórias de vida (LAGLER et al., 1977). Grande parte dos peixes tropicais são consumidores versáteis, podendo incluir facilmente novos itens na dieta,

dependendo da disponibilidade dos recursos (LOWE-MCCONNELL, 1973), mecanismo que contrabalança variações no hábitat (KOVALENKO; DIBBLE; FUGI, 2009).

Auchenipterichthys longimanus apresentou estratégia alimentar altamente generalista (*sensu* ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001) nas duas áreas do Lago Batata, pois não houve itens dominantes na alimentação das populações, mas sim um conjunto amplo de itens alimentares. Um aparente comportamento oportunista (*sensu* ABELHA; AGOSTINHO; GOULART, 2001) também foi observado, onde os peixes fizeram uso de itens abundantes no período avaliado (*e.g.* sementes e frutos). Em períodos de alta abundância de recursos, como os períodos de enchente em rios e lagos amazônicos, os indivíduos da população podem adquirir nichos mais estreitos (MACARTHUR; PIANKA, 1966), o que foi observado no Lago Batata, onde as populações foram compostas por grupos de indivíduos especialistas, que consumiram poucos itens em grande quantidade.

No Lago Batata, *A. longimanus* apresentou dieta onívora com tendência a herbivoria (frugívoro), tal como observado em MANNHEIMER (1998) e FREITAS (2010), refletindo assim no tamanho relativo do trato digestivo (BARBIERI, 1994). O quociente intestinal encontrado no atual estudo não apresentou diferença entre as diferentes áreas do lago, possivelmente devido à composição alimentar similar nas duas áreas. No entanto, o quociente intestinal apresentou diferenças entre os anos e estas variações se relacionaram com sexos e ao consumo de Sementes e frutos. Em ZAVALA-CAMIM (1996) é apresentada mais outra possibilidade para a variação do quociente intestinal a partir da variação na intensidade alimentar. Nossos resultados correlacionaram positivamente com a intensidade alimentar, portanto, é possível que esta variação possa também ter alterado o quociente intestinal, aumentando a proporção do intestino de acordo com a intensidade alimentar de cada indivíduo.

Estudos sobre intensidade alimentares como fator ecológico, refletem as alterações em ecossistemas locais (ZAVALA-CAMIM, 1996). No Lago Batata, os resultados anteriores (1991 a 1993) de grau de repleção para *A. longimanus*, em MANNHEIMER (1998), não demonstraram diferenças entre a área Impactada e área natural, para mesmo período hidrológico. No entanto, após este período, na área Impactada, a população apresentou atividade alimentar menor do que na área natural, indicando que a oferta de alimentos foi possivelmente menor na área Impactada. Duas características podem ter relação com este resultado: i) a primeira seria a estrutura homogênea da localidade impactada, na qual inviabiliza a diversidade de habitat para macroinvertebrados aquáticos, portanto diminuindo a oferta dessa fonte alimentar; ii) a sucessão ecológica nesta área em regeneração natural, onde,

nos primeiros anos ofertou alimentos na mesma intensidade que na área natural e nos anos seguintes diminuiu pela possível existência de competição entre os organismos.

Contudo, a intensidade alimentar na área Impactada foi bastante heterogênea entre os indivíduos. Mesmo com o possível aumento de oferta de itens alimentares a partir da regeneração do igapó, a população não apresentou aumento na intensidade alimentar ao longo dos anos. Logo, assumindo que a oferta de alimentos foi menor na área Impactada, grupos de indivíduos consumindo no mesmo local e competindo, podem ter influenciado na heterogeneidade da intensidade alimentar entre eles. Mudanças nessa característica não foram observadas até os anos mais recentes.

Auchenipterichthys longimanus no Lago Batata apresentou composição da dieta diferente entre a área Impactada e a área natural do lago. Ambas as áreas tiveram como base o consumo de Recursos vegetais, Invertebrados terrestres e Invertebrados aquáticos, porém em diferentes proporções. Na área Impactada houve grande consumo de Recursos vegetais (Sementes e frutos), enquanto que na área natural houve consumo diversificado. A importância dos itens alóctones nas duas áreas foi maior que a dos itens autóctones na dieta de *A. longimanus*, corroborando FREITAS et al. (2010) e MANNHEIMER (1998). A maior proporção no consumo de itens alóctones foi encontrada na área Impactada, já os itens autóctones foram mais consumidos na área natural. Desses, o item Ninfa de Ephemeroptera (*Asthenopus*) foi responsável pela maior proporção.

Ninfas de Ephemeroptera são alimentos importantes para muitos peixes (LOWE-MCCONNELL, 1975), podendo aumentar ou diminuir a produção de peixes, de acordo com o tamanho da população. Ninfas do gênero *Asthenopus* são cavadoras de madeira e vivem em colônias. Quanto maior é a área com disponibilidade de troncos e galhos submersos, maior é a proliferação deste gênero (Braga, 1979). Dessa forma, o alto consumo deste gênero por *A. longimanus* na área natural do Lago Batata pode estar relacionado à ocorrência de raízes e galhos submersos disponíveis. Na área Impactada, o consumo deste gênero foi menor, e pode estar relacionado a perda de importantes habitats típicos da comunidade de organismos bentônicos, na qual simplificou a estrutura do igapó (ESTEVES, 2000) fornecendo menos galhadas e raízes para a ocupação de *Asthenopus* na área.

O consumo de Ephemeroptera (*Asthenopus*) e Sementes e frutos por *A. longimanus* foi importante e representam respostas acerca de forrageamento ótimo (MACARTHUR; PIANKA, 1966). Segundo a teoria, os custos em termos energéticos envolvidos na procura, captura e manipulação da presa não deve ser maior que os benefícios energéticos dos itens alimentares (CHAVES; ALVES, 2010). Portanto, por terem sido estes itens os de maior

índice alimentar e por serem encontrados concentrados em áreas específicas, é possível que ocorra um saldo positivo na relação custo-benefício.

Plantas de igapó frutificando no período de enchente fornecem uma importante fonte de alimento para peixes em rios e lagos amazônicos (GOULDING, 1980; CLARO-JR et al., 2004; ALBUQUERQUE, 2015). Nesses períodos, os peixes se reúnem sob as árvores (GOULDING, 1980; ARAÚJO-LIMA; GOULDING, 1998; CLARO-JR et al., 2004) e formam manchas alimentares (e.g. CHAVES; ALVES, 2010). Esse comportamento pode ser de extrema importância para *A. longimanus*. Os indivíduos que consumiram em abundância Sementes e frutos consumiram menos outros itens, podendo estar relacionados à alocação em manchas alimentares para o consumo de sementes até o esgotamento do recurso (PYKE, 1984) ou até sofrerem pressão de competidores ou de predadores (MACARTHUR; PIANKA, 1966).

A diversidade de Sementes e frutos na área natural demonstrou ser maior que na área Impactada. Sementes e frutos pequenos ($<25\text{mm}^3$) foram mais diversas que as grandes ($>25\text{mm}^3$) em ambas as áreas. O índice alimentar destas sementes pequenas, na área com interferência do rejeito, foi maior do que quando comparadas ao da área natural. Sementes pequenas são típicas de diversas espécies herbáceas (BORGHETTI, 2004) e estas possuem como estratégia de dispersão o investimento na densidade de sementes produzidas (BARBOUR et al., 1999). Portanto, é factível a alta disponibilidade deste recurso em ambas áreas. Na área natural, houve consumo frequente de sementes pequenas, enquanto na área Impactada o consumo foi menos frequente, mas em maior volume, o que pode estar relacionado à diversidade e fenologia das plantas em cada área.

Outro fator que também poderia influenciar o grande consumo de variadas Sementes e frutos seria o seu tamanho ótimo. *A. longimanus* possui abertura de boca ampla (LIMA, 2017) e é capaz de capturar presas inteiras de tamanhos variados (ANDERSON; SALDAÑA ROJAS; FLECKER, 2009), o que permitiu a captura de sementes de grande porte, de forma a distender o trato digestivo ao ponto de quase rompê-lo. Portanto, o consumo de sementes maiores que 30 mm^3 pode não ser favorável para os indivíduos devido a limitações físicas da cavidade abdominal e trato digestivo, ainda que sejam capazes de ingeri-la.

Um fator importante a ser considerado sobre o consumo de Sementes seria o papel ecológico que *A. longimanus* possui como dispersor. A dispersão de sementes é um serviço ecológico chave, que afeta a aptidão e a regeneração da flora com base em forrageamento de vertebrados sobre frutos (CANTOR, 2013). As interações entre a floresta alagável e as populações de peixes, indicam uma interdependência ecológica entre eles, especialmente no

período da frutificação e dispersão de sementes, tornando a ictiocoria um fenômeno importante dentro das florestas alagáveis tropicais (MARLIER, 1967). Nestas condições, os peixes se tornam potenciais dispersores de sementes (*e.g.* POLLUX, 2010; LEVEY; SILVA; GALETTI, 2002; HORN, 1997; KUBITZKI; ZIBURSKI, 1994) devido ao alto grau de frugivoria dos peixes e a dispersão de sementes intactas para longe da planta-mãe. E a disponibilidade de frutos pelas plantas é maior em período de maior inundação por possuírem adaptações temporais para maximizar a dispersão de suas sementes (*e.g.* SOUZA-STEVAUX; NEGRELLE; CITADINIZANETTE, 1994; PIRES, 1997; CHICK; COSGRIFF; GITTINGER, 2003).

MANNHEIMER et al. (2003) evidenciam o potencial dispersor de *A. longimanus* no Lago Batata, pela qualidade e quantidade de sementes encontradas em seu trato digestório, e a viabilidade de algumas delas. A partir desses resultados, os autores sugerem que *A. longimanus* tenha um papel importante na regeneração do igapó. FREITAS (2010) também evidencia o papel dispersor da espécie, atuando sobre sementes de *Virola surinamensis* (Myristicaceae), espécie de importância econômica nos sistemas hídricos da Floresta nacional de Caxiuanã, Amazônia Central, Pará. Outros bagres também são dispersores ou potenciais dispersores, como: *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1883) em rios do Paraná, que consome sementes de 27 famílias de vegetais (SOUZA-STEVAUX; NEGRELLE; CITADINIZANETTE, 1994); *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818) em área inundável do Rio Mississippi, U.S.A., consumindo *Morus rubra* e *Forestiera acuminata* (CHICK; COSGRIFF; GITTINGER, 2003); e *Lithodoras dorsalis* (Valenciennes, 1840) na foz amazônica, consumindo duas importantes espécies de plantas amazônicas, *Euterpe oleracea* e *Montrichardia linifera* (BARBOSA; MONTAG, 2017).

Bagres do grupo siluroides apresentam bocas grandes e hábitos de engolir itens inteiros, que favorecem o consumo de frutos e sementes, além de ter dentes viliformes incapazes de romper o envoltório rígido de sementes (PIEDEDE; PAROLIN; JUNK, 2003; KUBITZKI; ZIBURSKI, 1994; GOULDING, 1980). Essas características tornam esses bagres bons dispersores de sementes e predadores ineficientes da mesma (*i.e.* animais que não quebram sementes ao consumi-las). Todas as sementes consumidas entre 1991 e 2015 por *A. longimanus* foram encontradas intactas. Portanto, pressupomos que as sementes teriam potencial de ser viáveis, pois não foram predadas. Porém, são necessários testes de viabilidade para observarmos a real eficácia deste onívo-frugívoro em potencializar a germinação destas sementes, encontradas no presente trabalho, após a passagem no trato gastrointestinal.

O uso de recursos alimentares foi diferente ao longo dos anos, porém a riqueza de itens alimentares não demonstrou variação entre as áreas, como também não apresentou aumento ao longo da regeneração do igapó. Os resultados também demonstraram que a área Impactada não foi menos rica do que a área natural. Portanto, houve similaridades em ter variados itens ofertados em ambas áreas.

Houve variação na dieta dos indivíduos em todas as amostras anuais. Segundo DURELL (2000), essa variação é possível pois os indivíduos podem habitar diferentes micro habitats. Já a teoria do forrageamento ótimo diz que é possível ocorrer alguns cenários para a variação na dieta dos indivíduos (ARAÚJO; BOLNICK; LAYMAN, 2011), como: i) os indivíduos podem ter dietas diferentes devido a diferentes preferências de itens alimentares. ii) os indivíduos podem ter dietas diferentes porque usam critérios de otimização diferentes. Assim, a variação da dieta entre os indivíduos depende de alguma quantidade de variação fenotípica que afeta as preferências de recursos do consumidor, o comportamento de forrageio, os requisitos fisiológicos e o status social.

Comparando as áreas, o consumo de itens alimentares, na área natural, ao longo dos anos, não apresentou mudanças no consumo de Recursos vegetais, Invertebrados terrestres e Aquáticos, já a área Impactada mudou. Essa variação na dieta pode ser causada por múltiplos fatores (ROSS, 1986), um deles poderia ser a variação na diversidade de itens de acordo com o surgimento de novos microhabitats devido à regeneração do igapó.

A variação no consumo dos indivíduos coletados na área impactada, quando observados em blocos de 10 anos, ao longo de 24 anos, apresentaram características como: i) primeiro, nos primeiros anos após cessar do lançamento de rejeito, ocorreu alto consumo de invertebrados terrestres e pouco de Sementes e frutos. É possível que os invertebrados provieram da floresta densa não atingida pelo rejeito e o consumo baixo de Sementes e frutos seria pela existência de um igapó ainda em crescimento, com poucos espécimes em estágio reprodutivo. Neste período observamos também um consumo elevado de Invertebrados aquáticos (Ephemeroptera do gênero *asthenopus*), provavelmente pela existência de habitats como árvores e arbustos com raízes ainda não soterradas pelo rejeito; ii) segundo, após 10 anos cessado o lançamento de rejeito, ocorreu alto consumo de Sementes e frutos, demonstrando uma possível sucessão ecológica na qual possivelmente havia disponível frutos em abundância. O consumo de Invertebrados terrestres também foi importante e provavelmente provieram da mata em recuperação. Já o consumo de invertebrados aquáticos ocorreu uma queda; iii) por ultimo, após 20 anos cessado o lançamento, houve uma aparente semelhança na estrutura entre a origem dos itens consumidos com o consumo da população da

área natural, com maior consumo de Recursos vegetais, seguido por invertebrados terrestres e aquáticos. Portanto, é possível que essa resposta seja um *proxy* da regeneração esperada, mesmo demonstrando diferenças na proporção do consumo.

Não houve mudanças, ao longo dos anos, no consumo de itens de origem autóctones ou alóctones na área natural, independente do nível de inundação. Portanto, variações interanuais no nível de inundação não foram capazes de criar grandes mudanças na origem dos itens consumidos nesta área. Em MANNHEIMER (1998) é possível observarmos diferenças na origem dos itens consumidos de acordo com o ciclo hidrológico anual. Na área impactada, independente do nível de inundação, os itens de origem alóctones também não variaram, possivelmente por ser os itens mais abundantes nesta área, portanto, permaneceu sendo altamente consumido entre os anos. Já os itens de origem autóctones, cujo maior volume e frequência se deve às Ephemeropteras do gênero *asthenopus*, o consumo variou ao longo dos anos, demonstrando redução e esta variação não foi influenciada pelo nível de inundação. É possível que esta redução ocorreu por perda de habitat bentônico, através da constante ressuspensão de parte do rejeito em função de correntes internas e de turbulência na coluna d'água, na qual pode ter soterrado as antigas áreas de povoamento deste gênero (ESTEVES, 2000).

Para o ano de 2010, na área natural, um item alimentar foi surpreendente: Oligochaeta foi consumido em abundância por um indivíduo, chegando a 2.128mm^3 de volume. Esse item já foi observado na área natural do Lago Batata, por FONSECA e ESTEVES (1999), e também já foi relatado o consumo por MANNHEIMER (1998), porém, foi o primeiro indivíduo a demonstrar o oportunismo da espécie forrageando nessa intensidade, na margem do lago.

Diversos trabalhos demonstraram a abundância de *Campsurus* (Ephemeroptera) no Lago Batata (e.g. LEAL et al., 2005; LEAL; ESTEVES, 1999; CALLISTO; ESTEVES, 1996), porém como item alimentar importante para *A. longimanus* só ocorreu em 1992 consumindo *campsurus* adultos na área natural, um dos anos com enchente considerada tardia, representando mais 70% do índice alimentar (MANNHEIMER, 1998). Nesse mesmo trabalho de MANNHEIMER, ao longo do ciclo hidrológico, apresenta o maior consumo desse item no período de vazante para área natural e impactada. Portanto, a ausência deste consumo nos anos mais recentes pode ser uma questão de periodicidade do item, já que ocorreu em uma enchente branda, e em vazante, e não nos períodos de enchentes comuns das coletas do presente trabalho. Para melhor inferir essa relação de consumo atual seria necessárias coletas ao longo do ciclo hidrológico.

A dieta de *A. longimanus*, no Lago Batata, quando avaliada ao longo dos anos, apresentou proporção maior de Fragmentos de Arthropoda pela população da área Impactada, esta também demonstrou intensidade alimentar menor. É possível que para essa população a digestão de Arthropoda ocorreu de forma mais lenta, como em BASIMI e GROVER (1985) na qual demonstraram que em épocas de abundância de alimento, *Pleuronectes platessa* transfere rapidamente o conteúdo de seu estômago ao intestino, mesmo sem estar completamente digerido, para dar lugar a novos alimentos. A outra possibilidade é a relação da variação na composição das dietas entre áreas agindo sobre o tempo de trânsito do alimento pelo trato gastrointestinal, como demonstrado em SILVA, PEREIRA FILHO e OLIVEIRA-PEREIRA (2003). Na área Impactada onde apresentou maior proporção itens de origem vegetal a passagem do alimento foi mais lenta resultando em itens mais digeridos, do que na área natural.

Variações na amplitude da dieta alimentar foram observadas entre as populações de ambas as áreas, ao longo dos anos. Para quase todos os anos observados a amplitude demonstrou que as populações tiveram tendência a ser generalistas e com indivíduos consumindo uma gama limitada do total de recursos da população (BOLNICK et al., 2003). Contudo, os anos 2001 e 2003, ambas áreas apresentaram amplitude de nicho da espécie com tendência especialista. Nesses anos, os indivíduos consumiram basicamente os mesmos itens alimentares encontrados nas duas áreas (sementes e frutos, para a área Impactada, e Ephemeroptera do gênero *Asthenopus* para a área natural), assim, a abundância destes itens culminou no comportamento especialista por oportunismo da espécie (*e.g.* ABELHA; GOULART, 2004; CENEVIVA-BASTOS; CASATTI, 2007). A relação entre a abundância desses itens e o nível de inundação não existiu, portanto, outros fatores como a fenologia específica de cada espécie vegetal e o sucesso reprodutivo destas Ephemeropteras podem ter induzido a existência da grande oferta destes itens alimentares, para isso, são necessárias novas investigações.

A amplitude de nicho alimentar da população entre os anos, na área natural foi aleatória, ou seja, o comportamento alimentar da população apresentou-se estável. Porém, na área Impactada a amplitude foi crescente, em decorrência da ação da regeneração do igapó e pela variação do nível de inundação entre os anos. Portanto, na área Impactada, onde a espécie depende basicamente da oferta de alimentos alóctones, o aumento do nível de inundação foi importante, pois observou-se um *input* maior de alimento alóctone, possivelmente originado pelo próprio igapó em regeneração, refletindo no consumo de itens

variados entre os indivíduos, consequentemente, ampliando o nicho desta população (BOLNICK et al., 2007).

Os resultados da relação peso e comprimento para *Auchenipterichthys longimanus* ao longo dos anos e entre as duas áreas, no Lago Batata, demonstraram isometria. Isso representa um resultado diferente para a espécie, demonstrados em MANNHEIMER (1998) e GIARRIZZO et al. (2015). Em MANNHEIMER (1998), os exemplares coletados nos quatro períodos do ciclo hidrológico, nos anos de 1991, 1992 e 1993, para diferentes áreas no Lago Batata, apresentaram crescimento alométrico negativo, representando que os peixes foram menos rotundos enquanto o comprimento aumenta. Foi observado também em GIARRIZZO et al. (2015), crescimento alométrico negativo, para os períodos de enchente e cheia, no Rio Xingú, tributário do Rio Amazonas. É possível inferir, a partir do trabalho de FREITAS (2010) que para esta espécie existe outras possibilidades de valores alométricos populacionais, pois foi testado a existência do ponto de mudança de fase no crescimento, onde dependendo da fase a alometria pode variar de acordo com sexo e dentro do grupo sexo. Portanto, é necessário investigar melhor estes resultados para a espécie, ao longo dos anos, no Lago Batata, com o objetivo de tentar entender qual fenômeno pode ter influenciado esta variação isométrica da espécie.

As reservas de energia muscular das populações de *A. longimanus* apresentaram não ter sofrido influência das diferentes áreas habitadas e nem sobre a variação interanual no nível de inundação para mesma fase hidrológica, demonstrando que esta espécie tem uma boa capacidade de resistência a variações no espaço e no tempo (TOWNSEND; BEGON; HARPER, 2009). Porém, como já descrito em MANNHEIMER (1998), quando é observado o fator de condição de acordo com o pulso hidrológico, no Lago Batata, há variação sazonal, com maiores valores na vazante e seca e menores valores para enchente e cheia.

No entanto estas populações apresentaram fêmeas maiores que os machos, estas consequentemente apresentaram a proporção de fígado, gônadas e gordura visceral maiores. Portanto, é possível que estas características de sexos seja algo intrínseco do período reprodutivo da espécie.

Frutos e sementes são fontes de carboidratos, ácidos graxos e proteínas adicionais no regime alimentar de peixes onívoros (SILVA; PEREIRA FILHO; OLIVEIRA-PEREIRA, 2003). O investimento neste tipo de dieta para estas populações de *A. longimanus* vai ao encontro do período reprodutivo desta espécie, ocorrendo em período de enchente, já descrito por MANNHEIMER (1997) e FREITAS et al. (2011). JUNK (1985) explica que os peixes

armazenam gordura nas cavidades abdominais durante os períodos de abundância de alimentos, a fim de compensar os períodos de maior escassez.

Portanto, é possível que as fêmeas para esta espécie, no Lago Batata, utilizem o aumento do aporte de itens alóctones de origem vegetal do período de enchente para investir e consequentemente acumular energia para a reprodução. No entanto foi pequena a diferença no consumo de itens de origem vegetal entre sexos, logo machos também os utilizam, porém não foi observado evidências de acúmulo energético.

1.5 Conclusões

- As populações de ambas as áreas (impactada e natural) apresentaram estratégia generalista, com grupos de indivíduos especialistas e aparente comportamento oportunista.
- O Quociente intestinal variou entre os anos, possivelmente sob o efeito de três fatores: sexo, índice de repleção e consumo de Recursos vegetais.
- A intensidade alimentar, quando comparada entre áreas, foi maior na área natural. Na área Impactada além de ter sido menor, foi bastante heterogênea e esta característica permaneceu até os anos mais recentes;
- O consumo entre as áreas variou em proporção de itens: na área impactada os espécimes consumiram mais Sementes e Frutos e na área natural foi mais variado. Quando comparados ao longo da regeneração do igapó (área impactada), a estrutura dos diferentes itens consumidos variou, porém, nos anos mais recentes (2010 a 2015) apresentou estrutura similar ao da área natural;
- A área impactada apresentou aumento na amplitude de nicho alimentar na área impactada ao longo dos 24 anos de regeneração natural do igapó e este aumento também sofreu influência dos diferentes níveis de inundação;
- A condição corporal entre os indivíduos de ambas áreas foi similar e não apresentou variação ao longo dos anos. Refletindo não ter sido um indicador da regeneração do igapó;
- As avaliações sobre reservas energéticas demonstraram fêmeas com maiores reservas do que os machos, independente da área e anos estudados, porém fígado apresentou variação entre anos. Assim, seria necessárias análises de índice de alterações histológicas e bioquímica dos alimentos consumidos para avaliar o motivo desta variação.

1.6 Referências

- ABELHA, M. C. F.; AGOSTINHO, A. A.; GOULART, E. *Plasticidade trófica em peixes de água doce*. Acta Scientiarum, v. 23, n. 2, p. 425-434, 2001.
- ABELHA, M. C. F.; GOULART, E. *Oportunismo trófico de Geophagus brasiliensis (Quoy & Gaimard, 1824) (Osteichthyes, Cichlidae) no reservatório de Capivari, Estado do Paraná, Brasil*. Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 26, n. 1, p. 37-45, 2004.
- AGRITEMPO. *Sistema de Monitoramento Agrometeorológico do Governo do Amazonas*, 2018. Disponível em: Acesso em: 18 mai. 2018.
- AGOSTINHO, A.A. et al. *Variação do fator de condição e do índice hepatossomático e suas relações com o ciclo reprodutivo em Rhinelepis aspera (Agassiz, 1829) (Osteichthyes, Loricariidae) no rio Paranapanema, Porecatu, PR*. Ciência e Cultura, v. 42, n. 9, p. 711-714, 1990.
- ALBRECHT M.P.; CARAMASCHI E.P. *Feeding ecology of Leporinus taeniofasciatus (Characiformes: Anostomidae) before and after installation of a hydroelectric plant in the upper Rio Tocantins, Brazil*. Neotropical Ichthyology. v.1, p.53-60, 2003.
- ALI, M.; WOOTTON, R. J. *Effect of variable food levels on reproductive performance of breeding female three* ~~Journal of Fish Biology~~ *Journal of Fish Biology*, v. 55, n. 5, p. 1040-1053, 1999.
- ALBUQUERQUE, B.W. *Frugivoria e ictiocoria em uma várzea na Amazônia Central brasileira*. Dissertação, Programa de pós-graduação INPA, Manaus, Amazonas, 2015.
- AMUNDSEN, P. A.; H. M. GABLER; STALDVIK, F. J. *A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data modification of the Costello method*. Journal of Fish Biology, v. 48, p.607–614, 1996.
- ANDERSON, J.T.; SALDAÑA ROJAS, J.; FLECKER, A.S. *High-quality seed dispersal by fruit-eating fishes in Amazonian floodplain habitats*. Oecologia, v.161, p.279-290, 2009.
- ANDERSON, M. J. *A new method for non* ~~variance~~ *-parametric multivariate variance*. Austral ecology, v. 26, n. 1, p. 32-46, 2001.
- ARAÚJO, M.S.; BOLNICK, D.I.; LAYMAN, C.A. *The ecological causes of individual specialisation*. Ecology Letter. v.14, p.948-958, 2011.
- ARAUJO-LIMA, C. A.R.M.; GOULDING, M. *Os frutos do tambaqui: Ecologia, conservação e cultivo na amazônia*. Sociedade Civil Mamirauá. CNPq. Manaus, Amazonas. 186 pp, 1998.
- BARBIERI, G.; PERET, A. C.; VERANI, J. R. *Notas sobre a adaptação do trato digestivo ao regime alimentar em espécies de peixes da região de São Carlos (SP). I. Quociente intestinal*. Revista brasileira de biologia, v. 54, n. 1, p. 63-69, 1994.
- BARBOSA, T.A.P.; MONTAG, L.F.A. *The role of Lithodoras dorsalis (Siluriformes: Doradidae) as seed disperser in Eastern Amazon*. Neotropical Ichthyology, v. 15, n. 2, 2017.

BARTHEM, R. B.; GOULDING, M. *Um ecossistema Inesperado*. Gráfica Biblos, 2007.

BASILE-MARTINS, M. A.; CIPÓLI, M. N.; GODINHO, H. M. *Comportamento e alimentação do mandi *Pimelodus maculatus* Lacépède, 1803 (Osteichthyes, Pimelodidae) de trechos dos rios Jaguari e Piracicaba, São Paulo-Brasil*. Boletim do Instituto de Pesca, v. 13, n. 1, p. 17-29, 1978.

BASIMI, R. A.; GROVE, D. J. *Estimates of daily food intake by an inshore population of *Pleuronectes platessa* L. off eastern Anglesey, North Wales*. Journal of Fish Biology, v. 27, n. 4, p. 505-520, 1985.

BOLNICK D.I. et al. *Measuring individual - level resource specialization*. Ecology. v.83, p. 2936-2941, 2002.

BOLNICK D.I. et al. *The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialisation*. American Naturalist. v.161, p.1-28, 2003.

BOLNICK, D. I. et al. *Comparative support for the niche variation hypothesis that more generalized populations also are more heterogeneous*. Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 104, n. 24, p. 10075-10079, 2007.

BORGHETTI, F. *Dormência embrionária*. In: FERREIRA, A.G., BORGHETTI, F. (Eds.), *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, São Paulo, Brazil, p.109-124, 2004.

BORROR, D. J.; DELONG, D. M. *Introdução ao estudo dos insetos*. E. Blucher, 1988.

BOZELLI, R.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. (eds.). *Lago Batata: impacto e regeneração de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/Sociedade Brasileira de Limnologia, p. 57-75, 2000.

BRAGA, R.A.P. *Contribuição à biologia e ecologia de *asthenopus curtus* (Hagen) (insecta-Ephemeroptera) dos arredores de Manaus (Amazônia Central)*. Dissertação, Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia e Fundação Universidade do Amazonas., 1979.

CABRAL, G. L. L. *Efeitos de eventos climáticos globais, regionais e antrópicos sobre a taxocenose de peixes de um lago amazônico*. Dissertação: Programa de pós-graduação em ciências ambientais e conservação, UFRJ-Macaré, 2014.

CALLISTO, M. et al. *Impact of bauxite tailings on the distribution of benthic macrofauna in a small river in Central Amazonia, Brazil*. Journal of the Kansas Entomological Society, v.71, p. 447-455, 1999.

CALLISTO, M. Macroinvertebrados bentônicos. In: Bozelli, R.; Esteves, F. A.; Roland, F. (eds.) 2000. *Lago Batata: Impacto e Recuperação de um Ecossistema Amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/Sociedade Brasileira de Limnologia, p. 57-75, 2000.

CALLISTO, M.; ESTEVES, F. A. *Macroinvertebrados bentônicos em dois lagos amazônicos: Lago Batata (um ecossistema impactado por rejeito de bauxita) e Lago Mussurá (Brasil)*. Acta Limnologica Brasiliensia, v.8, p.137-147, 1996.

CAMARA, E.M.; CARAMASCHI, E.P.; PETRY, A.C. *Fator de condição: bases conceituais, aplicações e perspectivas de uso em pesquisas ecológicas com peixes*. Oecologia Australis, v. 15, n. 2, p. 249-274, 2011.

CANTOR, M. et al. *Individual variation in resource use by opossums leading to nested fruit consumption*. Oikos, v. 122, n. 7, p. 1085-1093, 2013.

CARAMASCHI, E.P. et al. Ictiofauna. In: BOZELLI, R.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. (eds.) 2000. *Lago Batata: impacto e regeneração de um ecossistema amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/Sociedade Brasileira de Limnologia, p. 155-177, 2000.

CENEVIVA-BASTOS, M.; CASATTI, L. *Oportunismo alimentar de Knodus moenkhausii (Teleostei, Characidae): uma espécie abundante em riachos do noroeste do Estado de São Paulo, Brasil*. Iheringia: Série Zoologia, p. 7-15, 2007.

CHAMBERS, J. M.; HASTIE, T. J. *Statistical Models in S*, Wadsworth & Brooks/Cole, 1992.

CHAVES, F. G.; ALVES, M. A. S. Teoria do forrageamento ótimo: premissas e críticas em estudos com aves. *CEP*, v. 20550: 011, 2010.

CHICK, J. H.; COSGRIFF, R.J.; GITTINGER, L. S. *Fish as potential dispersal agents for floodplain plants: first evidence in North America*. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, v. 60, n. 12, p. 1437-1439, 2003.

CHIPPS, S. R.; GARVEY, J.E. *Assessment of food habits and feeding patterns. Analysis and interpretation of freshwater fisheries data*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, p.473-514, 2007.

CLARKE, K. R. *Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure*. Aust. J. Ecol. v.18, n.1, p.117-143, 1993.

CLARO-JR, L. et al. *O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil*. Acta Amazon. v.34, p.133-137, 2004.

DURELL, S.E.L.V. D. *Individual feeding specialisation in shorebirds: population consequences and conservation implications*. Biological Reviews, v. 75, n. 4, p. 503-518, 2000.

ESTEVES, K. E.; ARANHA, J. M. R. *Ecologia trófica de peixes de riachos. Ecologia de peixes de riachos*. Série Oecologia Brasiliensis, v. 6, p. 157-182, 1999.

FERRARIS, J.R. et al. *Catfishes of the genus Auchenipterichthys (Osteichthyes: Siluriformes: Auchenipteridae): a revisionary study*. Neotropical Ichthyology, v. 3, n. 1, p. 89-106, 2005.

FERREIRA, E.J.G. *A ictiofauna do rio Trombetas na área de influência da futura hidroelétrica de Cachoeira Poeteira, Pará*. Tese de Doutorado, INPA/FUA, Manaus, AM. 161p., 1992.

FONSECA, J. J. L.; ESTEVES, F. A. Influence of bauxite tailings on the structure of the benthic macroinvertebrate community in an Amazonian Lake (Lago Batata, Pará-Brazil). *Revista Brasileira de Biologia*, v. 59, n. 3, p. 397-405, 1999.

- FREITAS, T.M.S. *Aspéctos Ecológicos do Cachorro-de-padre Auchenipterichthys longimanus (Ostariophysi: Siluriforme: Euchenipteridae) em igarapés da Amazônia Oriental, Pará, Brasil*. Belém, MPEG, UFPA, 103p. (Dissertação), 2010.
- FREITAS, T.M.S.; ALMEIDA, V.H.C.; VALENTE, R.M.; MONTAG, L.F.A. *Feeding ecology of Auchenipterichthys longimanus (Siluriformes: Auchenipteridae) in a riparian flooded forest of Eastern Amazonia, Brazil*. Neotrop Ichthyol. v.9, p.629-636, 2011.
- GIARRIZZO, T. et al. *Length–weight and length–length relationships for 135 fish species from the Xingu River (Amazon Basin, Brazil)*. Journal of Applied Ichthyology, v. 31, n. 2, p. 415-424, 2015.
- GODINHO, H. *Estudos anatômicos sobre o trato alimentar de um Siluroidei, Pimelodus maculatus Lacépède*. Revista Brasileira Biologia, v. 27, n. 4, p. 425-433, 1967.
- GOULDING, M. *The fishes and the forest*. Explorations in Amazonian Natural History. University of California Press. Berkeley, USA. 280pp, 1980.
- HALBOTH, D. A. *Estrutura da comunidade de peixes do lago Batata (Rio Trombetas, PA)*. Rio de Janeiro, UFRJ, 134p (Master Thesis), 1995.
- HAMADA, N.; NESSIMIAN, J.L.; QUERINO, R.B. *Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia*. Manaus (AM): INPA, 2014.
- HAMMERSCHLAG-PEYER, C.M.; LAYMAN, C.A. *Intrapopulation variation in habitat use by two abundant coastal fish species*. Marine Ecology Progress Series. v.415, p.211-220, 2010.
- HORN, M.H. *Evidence for dispersal of fig seeds by the fruit-eating characid fish Brycon guatemalensis Regan in a Costa Rican tropical rain forest*. Oecologia, v.109, p. 259–264, 1997.
- HYNES, H. B. N. *The food of fresh-water sticklebacks (Gasterosteus aculeatus and Pygosteus pungitius), with a review of methods used in studies of the food of fishes*. The Journal of Animal Ecology, p. 36-58, 1950.
- HYSLOP, E. J. *Stomach contents analysis—a review of methods and their application*. Journal of fish biology, v. 17, n. 4, p. 411-429, 1980.
- JUNK, W.J. *Temporary fat storage, and adaptation of some fish species to the waterlevel fluctuations and related environmental changes of the Amazon river*. Amazoniana, v.IX p.315-351, 1985.
- KAWAKAMI, E., VAZZOLER, G. *Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes*. Boletim do Instituto de Oceanografia. v.29, p.205-07, 1980.
- KOVALENKO, K.; DIBBLE, E. D.; FUGI. *Fish feeding in changing habitats: effects of invasive macrophyte control and habitat complexity*. Ecology of Freshwater Fish, v.18, n.2, p.305-313, 2009.

- KUBITZKI, K.; ZIBURSKI, A. *Seed dispersal in flood plain forests of Amazonia*. Biotropica, p.30-43, 1994.
- LAGLER, K. F. et al. *Ichthyology*. New York, Wiley. 528 p, 1977.
- LAPA, R.P. A Bauxita e o Rejeito de Bauxita. In: BOZELLI, R.; ESTEVES, F. A.; Roland, F. (eds.) 2000. *Lago Batata: Impacto e Recuperação de um Ecossistema Amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/Sociedade Brasileira de Limnologia, p. 57-75, 2000.
- LE CREN, E. D. *The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (Perca fluviatilis)*. The Journal of Animal Ecology, p. 201-219, 1951.
- LEAL, J. et al. *Influence of Campsurus notatus bioturbation on oxygen profile and uptake in sediments of an Amazonian lake impacted by bauxite tailings*. Archiv für Hydrobiologie, v. 162, n. 4, p. 557-574, 2005.
- LEAL, J.; ESTEVES, F. *Density and biomass of Campsurus sp. (Ephemeroptera) and other macroinvertebrates in an Amazonian lake impacted by bauxite tailings (Lago Batata, Para, Brazil)*. Amazoniana, v. 15, n. 3, p. 193-209, 1999.
- LEVEY, D.J.; SILVA, W.R.; GALETTI, M. *Seed Dispersal and Frugivory – Ecology, Evolution and Conservation*. CABI Publishing, New York, 2002.
- LIMA, V. L. *Caracterização ecomorfológica de dez espécies de bagres da família Auchenipteridae em um lago amazônico (Lago Batata, PA)*. Monografia (Ciência Biológicas) – Universidade Veiga de Almeida, Rio de Janeiro. 40 pp. 2017.
- LIN, D. S. C. *Hábitat, pulso de inundação e assoreamento por rejeito de bauxita como fatores estruturadores da comunidade de peixes de um lago amazônico (Lago Batata, PA)*. Departamento de Ecologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. p. 171, 2003.
- LIN, D.S.C.; CARAMASCHI, E.P. *Responses of the fish community to the flood pulse and siltation in a floodplain lake of the Trombetas River, Brazil*. Hydrobiologia, v. 545, n. 1, p. 75-91, 2005.
- LOLIS, A.A.; ANDRIAN, I.F. *Alimentação de Pimelodus maculatus Lacépède, 1803 (Siluriformes, Pimelodidae) na planície de inundação do Alto Rio Paraná*. Boletim do Instituto de Pesca, São Paulo, v. 23, p. 187-202, 1996.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. *Reservoirs in relation to man - Fisheries*. In: ACKERMAN, W. C.; WHITE, G. F. & WORTHINGTON, E. B. eds. *Man-made lakes: their problems and environmental effects*. Washington, DC, American Geophysical Union Washington. v. 1, p. 641-654, 1973.
- LOWE-MCCONNELL, R. H. *Fish communities in tropical freshwaters*. v. 337. Longman, London, 1975.
- MACARTHUR, R. H.; PIANKA, E. R. *On optimal use of a patchy environment*. American Naturalist, v.100, p.603–609, 1966.

- MANNHEIMER, S. *Distribuição, alimentação e aspectos da reprodução de Auchenipterichthys longimanus* (Guenther, 1864) (Siluriformes, Auchenipteridae) em um lago amazônico impactado por rejeito de bauxita (Lago Batata, PA). Dissertação – Pós-Graduação em Zoologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.
- MANNHEIMER, S. et al. *Evidence for seed dispersal by the catfish Auchenipterichthys longimanus in an Amazonian lake*. *Jornal of Tropical Ecology*. p. 215-218, 2003.
- MARLIER, G. *Ecological studies on some lakes of the Amazon valley*. *Amazoniana*, v.1, p.91-115, 1967.
- NASH, R.D.M.; VALENCIA, A.H.; GEFFEN, A.J. *The origin of Fulton's condition factor—setting the record straight*. *Fisheries*, v. 31, n. 5, p. 236-238, 2006.
- OKSANEN, J. et al. 2009. *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.9. 2, 2009.
- PANOSSO, R. Considerações geográficas e geomorfológicas. In: Bozelli, R.; Esteves, F. A.; Roland, F. (eds.) 2000. *Lago Batata: Impacto e Recuperação de um Ecossistema Amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/Sociedade Brasileira de Limnologia, p. 57-75, 2000.
- PANOSSO, R., MUEHE, D., ESTEVES, F.A. *Morphological characteristics of an Amazon floodplain lake (Lake Batata, Pará State, Brazil)*. *Amazoniana*. v.8, p.245-258, 1995.
- PANOSSO, R.; KUBRUSLY, L. Avaliação espacial e temporal das variáveis limnológicas básicas e nutrientes. In: Bozelli, R.; Esteves, F. A.; Roland, F. (eds.) 2000. *Lago Batata: Impacto e Recuperação de um Ecossistema Amazônico*. Rio de Janeiro: IB-UFRJ/Sociedade Brasileira de Limnologia, p. 57-75, 2000.
- PAYNE, A.I. *The ecology of tropical lakes and rivers*. 1986.
- PEREIRA, L. et al. *Effects of long and short flooding years on the feeding ecology of piscivorous fish in floodplain river systems*. *Hydrobiologia*, v. 795, n. 1, p. 65-80, 2017.
- PÉREZ, G.R. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo para la Protección del Medio Ambiente José Celestino Mutis, 1988.
- PEREZ, S. C. J. G. A.; FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. *Envoltórios*. Germinação: do básico ao aplicado, 2004.
- PIEDEDE, M. T.; PAROLIN, P.; JUNK, W.J. *Estratégias de dispersão, produção de frutos e extrativismo da palmeira Astrocaryum jauari Mart. nos igapós do Rio Negro: implicações para a ictiofauna*. *Ecologia Aplicada*, v.2, n.1, p.32-40, 2003.
- PIRES, A. F. *Dispersão de sementes na várzea do médio solimões, estado do Amazonas-Brasil*. 1997. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Pará, Museu Paraense Emílio Goeldi, Pará, 1997.
- PITCHER, T.; HART, P J.B. *Fisheries ecology*. 1982.
- POLLUX, B. J. A. *The experimental study of seed dispersal by fish (ichthyochory)*. *Freshwater Biology*, v. 56, n. 2, p. 197-212, 2011.

- PRANCE, G. T. *A terminologia dos tipos de florestas amazônicas sujeitas a inundação*. Acta Amazônica, v.10, n.3, p. 495-504, 1980.
- PYKE, G.H. 1984. *Optimal foraging theory: a critical review*. Annual Review of Ecology and Systematics, v.15, p.523-575, 1984.
- RADAMBRASIL (Ministérios das Minas e Energia). *Levantamento de recursos naturais: Santarém*. v.10: Projeto RADAMBRASIL. Folha AS 21. Rio de Janeiro, 220p., 1976.
- REIS, R.A. *Caracterização, distribuição espacial e temporal e alimentação de ciclídeos (Cichlidae, Perciformes) no Lago Batata, Porto Trombetas, PA*. Dissertação (Mestrado), Rio de Janeiro, PPGE, UFRJ, 206p,1997.
- RICHTER, B. D. et al. *A method for assessing hydrologic alteration within ecosystems*. Conservation biology, v.10, n.4, p.1163-1174, 1996.
- ROUGHGARDEN, J. *Niche width: biogeographic patterns among Anolis lizard populations*. The American Naturalist, v. 108, n. 962, p. 429-442, 1974.
- SAINT-PAUL, U. et al. *Fish communities in central Amazonian white-and blackwater floodplains*. Environmental Biology of Fishes, v. 57, n. 3, p. 235-250, 2000.
- SCHÖNGART, J.; JUNK, W. J. *Forecasting the flood-pulse in Central Amazonia by ENSO-indices*. Journal of Hydrology, v.335, p.124-132, 2007.
- SILVA, J. A. M.; PEREIRA FILHO, M.; OLIVEIRA-PEREIRA, M. I. *Frutos e sementes consumidos pelo tambaqui, Colossoma macropomum (Cuvier, 1818) incorporados em rações. Digestibilidade e velocidade de trânsito pelo trato gastrointestinal*. Revista Brasileira de Zootecnia. v. 32, n. 6, p. 1815-1824, 2003.
- SIOLI, H. *Hydrochemistry and geology in the Brazilian Amazon region*. Amazoniana, v.1, p.74-83, 1984.
- SOARES, B. E. et al. *Two-decade remaining effects of bauxita tailings on the fish taxonomic structure of a clear-water floodplain lake in central amazona (Batata Lake, Pará State, Brazil)*. Oecologia Australis, v.21, n.3, 2017.
- SOARES, B.E. *O assoreamento por rejeito de bauxita e sua relação com a diversidade taxonômica e filogenética: um estudo da ictiofauna de um lago da amazônia central (Lago Batata, PA)*. Master's Thesis. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Ecologia, RJ, Brazil, 2015.
- SOUZA-STEVAUX, M. C.; NEGRELLE, R. R. B.; CITADINIZANETTE, V. *Seed dispersal by the fish Pterodoras granulosus in the Paraná River Basin, Brazil*. Journal of Tropical Ecology, v. 10, p. 621-626, 1994.
- TÁVORA, V.G. *Estratégia alimentar de Cichlasoma orientale Kullander, 1983 e Crenicichla menezesi Ploeg,1991 em um rio do semiárido*. Monografia, Universidade Federal do Pará, Centro de ciências, Departamento de Biologia, 2015.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. *Fundamentos em ecologia*. Artmed Editora, 2009.

WARD-CAMPBELL, B.M.S. et al. *Morphological characteristics in relation to diet in five coexisting Thai fish species. Journal of Fish Biology*, v.67, n.5, p.1266-1279, 2005.

WINEMILLER, K.O. *Patterns of variation in life-history among South American fishes in periodic environments. Oecologia*, v.81, p.225–241, 1989.

ZACCARELLI, N.; BOLNICK, D.I.; MANCINELLI, G. *RInSp: an r package for the analysis of individual specialization in resource use. Methods in Ecology and Evolution*, v. 4, n. 11, p. 1018-1023, 2013.

ZAVALA-CAMIN, L. A. *Introdução aos estudos sobre alimentação natural em peixes*. n. 597 ZAV. 1996.

2 HIGH TROPHIC INDIVIDUAL SPECIALIZATION IS CONSISTENTLY HIGH ACROSS TIME IN THE MIDNIGHT CATFISH

Natália Resende de Souza^{1*}, Bruno Eleres Soares³, Luisa Resende Manna², Miriam Pilz Albrecht³ and Rosana Mazzoni¹

¹ Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Evolução, Laboratório de Ecologia de Peixes, UERJ / IBRAG, PHLC, 2º andar sala 224. ² Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Laboratório de Ecologia de Peixes. Av. São Francisco Xavier, 524, Maracanã, 20550-013 Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

³ Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Laboratório de Ecologia de Peixes. Av. Carlos Chagas Filho, 373, Ilha do Fundão, 21941-902 Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

* Corresponding author, NRS: resendens@gmail.com

Abstract

The use of food resources and individual specialization of the midnight catfish *Auchenipterichthys longimanus* Günther, 1864 were evaluated in an Amazonian lake across two decades. Our results showed that diet composition varied across years, but individual specialization (IS) was consistently high in all years. Differences in diet composition and high individual specialization may be related to intensity and period of flood pulses, as well as density of *A. longimanus* in the lake.

Keywords: Auchenipteridae; intraspecific variation; Amazonian lake; resource-use.

2.1 Introduction

The use of food resources by fish is usually studied at the species level (Bolnick et al. 2002), but many studies reveal the importance of intra-population variation (Bolnick et al. 2003; Hammerschlag-Peyer & Layman 2010). Such variation reflects ontogenetic or sexual differences, as well as other types of variation, i.e. individual specialization (Araújo et al. 2011). Individual specialization (IS) is any variation in resource use in which the individual uses a narrow portion of its population's niche (Bolnick et al., 2003). The IS can influence evolutionary and ecological processes (Bolnick et al., 2003), especially on populations with consistent dynamics across large temporal scales. High IS can result from long-term effects such as persistent phenotypic or behavioral variation (Bolnick et al. 2003).

The use of food resources may vary over time. Seasonal and/or interannual variation in food availability allows differential use of trophic resources at both the population and individual levels (e.g. Araújo & Gonzaga 2007). Such variations, however, may not affect IS (e.g. Fry et al. 1999). Bearhop et al. (2004) defined three categories of populations related with temporal responses on resource use and IS: (i) specialist individuals, (ii) generalist with generalist individuals and (iii) generalist population with specialist individuals. Thus, the temporal stability is important to understand the implications of IS for natural communities, populations and evolution (Bolnick et al. 2003).

In this study, we evaluated the use of food resources use by the *Auchenipterichthys longimanus* in an Amazonian lake (Batata Lake, PA) over a wide temporal scale. *Auchenipterichthys longimanus* is endemic to the Amazon, has an omnivorous diet (Freitas et al. 2011) and is the most abundant species in Batata Lake (Soares, 2015). Due to its high abundance and frequency of occurrence in Batata Lake, *A. longimanus* is an adequate species to evaluate larger temporal scale in Amazonian lakes.

Aiming to evaluate whether trophic individual specialization is a temporally consistent phenomenon in the *A. longimanus* population of Batata Lake, we analyzed the variation in diet composition and the degree of individual specialization over two decades.

2.2 Material and methods

Samplings were carried out in the Batata lake, located in the flood area of the right margin of Trombetas river (Central Amazon between 01°25' and 01°35'S; 56°15'W and 56°25'W), near the town of Porto Trombetas, Oriximiná - PA. The lake is surrounded by ombrophylous tropical forest. Its margins are dominated by igapó vegetation (HUSZAR 2000). It's a large lake about 18 km² during dry season and 30 km² during rainy season (Panosso et al. 1995), when the depth of the water column increases up to 8 meters.

Fishes were collected in April, during the flood periods (usually in the end of March) of 2001, 2003, 2006, 2008, 2010, 2011, 2013 and 2015, with standardized gill nets (ranging from 15 mm to 70 mm between adjacent nodes). Sampling effort of about eight hours was applied per day. Individuals were identified in the field, fixed in 10% formaldehyde and individually labeled. In total, 113 specimens were analyzed, approximately 15 adults individuals (males and females) per year.

Stomachs were analyzed, and food items identified (Hamada et al. 2014) and quantified by volumetric analysis (e.g. Albrecht & Caramaschi 2003). In order to demonstrate the importance of food items, we calculated the Alimentary Index (Ai%) (Kawakami & Vazzoler 1980) based on the frequency of occurrence and relative volume of food items. We used the Permutational Multivariate Analysis (PERMANOVA) to evaluate the temporal and sexual differences on diet composition. We considered the relative volume of consumed prey per individual as variables and sampling year and sex as factors. We used 999 permutations and the Bray-Curtis similarity index.

To quantify individual specialization, we calculated the prevalence of individual specialization (IS) in the population according to Schoener (1968) and Feinsinger (1981). The IS is the average of the proportional similarity of everyone related to its population (PSi), and ranges from 0 (high individual specialization) to 1 (low individual specialization). We used a Monte Carlo test with 1,000 simulations to evaluate whether the observed IS values were different than expected in a random distribution.

All analyzes were tested in software R version 1.0.136 (www.R-project.org). The vegan package (Oksanen et al. 2017) was used for PERMANOVA and the RInSp package (Zaccarelli et al. 2013) for individual specialization analyzes.

2.3 Results

Auchenipterichthys longimanus consumed a total of 41 food items in Batata Lake between 2001 and 2015. The species consumed mainly allochthonous items. Diet was mainly composed by big seeds ($>25\text{mm}^3$) ($\text{Ai}\% = 21.34$), small seeds ($<25\text{mm}^3$) ($\text{Ai}\% = 19.26$), arthropod remains ($\text{Ai}\% = 10.23$), small fruits ($\text{Ai}\% = 8.90$), Formicidae ($\text{Ai}\% = 8.10$) and large fruits ($\text{Ai}\% = 7.55$). The main autochthonous food item was Ephemeroptera nymphae of the genus *Asthenopus* ($\text{Ai}\% = 6.94$).

Diet composition differed between years (PERMANOVA; $F = 5.14$; $p = 0.001$), but not between males and females (PERMANOVA; $F = 0.57$; $p > 0.05$). Fewer food items were consumed in 2001 and 2003 (number of items = 13 and 11, respectively), with higher consumption of Ephemeroptera nymph (*Asthenopus*) ($\text{Ai}\%_{2001} = 60.90$; $\text{Ai}\%_{2003} = 34.93$), and large seeds ($\text{Ai}\%_{(2003)} = 47.78$). For the other years, the number of consumed food items was higher, and the diet was predominantly composed by plant remains, small seeds, large seeds and large fruits. (Appendix 1)

2.4 Discussion

Auchenipterichthys longimanus showed an omnivorous diet, with a high diversity of food items of both animal and plant origin. Predominant items in the diet of the species (e.g. seeds, Ephemeroptera nymphs and ants) varied over the sampling years. Individual specialization in the use of food resources was higher than expected by null models for all years, indicating that the prevalence of high individual specialization in the diet of *A. longimanus* is consistent across time.

Diet composition of *A. longimanus* exhibited low diversity of food items in the first years of sampling (2001 and 2003) but increased the number of food items in the remaining years. This occurred mainly by the inclusion of seeds and fruits in the diet of the species, but also by the consumption of a larger set of hexapods, which is a common feeding pattern for the species (Mannheimer et al. 2003; Freitas et al. 2011). The use of seeds and fruits is related to reproductive investment and reinforces the importance of the forest on the diet of fish assemblages (Goulding 1980). We also highlight the importance of seed consumption by this

population, as previously recorded by Mannheimer et al. (2003), which demonstrates its potential in seed dispersal. The variation in the number of consumed food items may be related to the flood pulse, as the hydrological cycle may exhibit changes in the intensity and period of flooding, which affects fish assemblages body condition and use of food resources (Goulding 1980; Gomiero et al. 2008; Abujanra et al. 2009).

Despite the variety of resources used by the population each year, there was a high degree of individual specialization across the years, i.e., even though the population consumed a high diversity of food items, individuals consumed a narrow subset of the diet composition of the whole population in every year. Small variations in the value of IS were observed across the years. This variation may be related to population density (Mateus et al. 2016) or even to the changes in the diet composition across the years, characterized by the different consumption of number of items and different predominant items.

The persistence of niche preferences across time is important to explain the shape of trophic frequency-dependent interactions between individuals (Bolnick et al. 2003). Thus, it is of great relevance to investigate the consistency of individual specialization and the reasons underlying changes in resource-use.

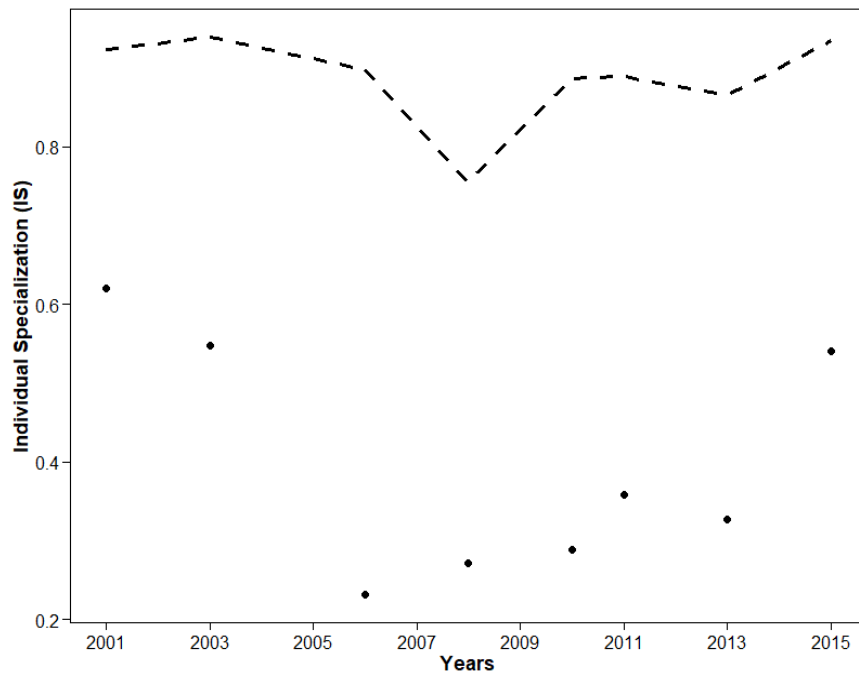
2.5 Appendix

Alimentary Index (Ai%) of food items and individual specialization (IS) of *Auchenipterichthys longimanus* from Batata Lake, Trombetas River basin (PA, Brazil) from 2001 to 2015. (L = Larvae, A = Adult, N = Nymph or Naiad, OM = Organic Matter).

Food itens	Alimentary Index (Ai%)								Gener
	2	2003	2006	2008	2010	2011	2013	2015	
Vegetal Source									
Plant remains	9	-	10.17	1.64	4.33	1.62	3.41	2.47	4.26
Small Fruits	-	-	8.26	0.49	-	15.97	12.35	19.61	8.90
Large Fruits	-	-	2.95	31.45	12.71	-	-	0.73	7.55
Small Seeds	-	10.36	34.98	10.71	0.01	24.08	22.82	26.43	19.26
Large Seeds	-	47.78	2.75	37.39	33.55	0.8	0.21	19.61	21.34
Arachnida									
Araneae	-	0.41	1.67	0.39	2.01	6.1	5.66	1.37	2.71
Miriapoda									
Diplopoda	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-
Chilopoda	-	-	0.45	1.64	-	-	-	-	0.08
Isopoda	-	-	-	-	-	-	0.01	-	-
Mollusca									
Gastropoda	-	-	0.59	-	1.07	-	-	-	0.30
Hexapoda									
Blattodea	-	-	0.03	0.01	-	-	0.06	-	0.01
Coleoptera (A)	0	0.47	13.03	2.65	3.5	0.94	1.5	1.5	3.62
Coleoptera (L)	-	-	-	-	0.07	-	-	0.02	0.01
Dermaptera	-	-	-	-	-	-	0.02	-	-
Diptera	-	0.01	-	0.03	-	-	-	0.02	0.01
Diptera (L)	-	-	0.01	0.09	0.03	-	-	0.04	0.03
Ephemeroptera (Campsurus)	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Ephemeroptera (Campsurus)	-	-	-	-	0.07	-	-	-	-
Ephemeroptera (Asthenopus)	6	34.93	0.08	2.31	1.42	-	-	23.7	6.94
Formicidae	1	0.84	2.03	4.98	4.92	20.27	23.23	1.42	8.10
Hemiptera (A)	1	1.03	1.28	-	4.85	4.17	0.61	0.49	1.98
Vespidae (A)	-	-	0.07	0.02	3.83	2.32	0.03	-	0.33
Isoptera	-	-	0.9	0.16	0.72	-	0.57	-	0.27
Lepidoptera (L)	-	-	0.68	-	0.21	0.49	0.44	-	0.15
Naucoridae	-	-	0.04	-	-	-	-	-	-
Odonata (A)	-	-	0.03	-	-	1.61	-	0.02	0.03
Odonata (N)	0	-	0.71	0.49	1.05	0.51	0.44	-	0.56
Orthoptera	0	0.06	10.74	0.1	0.46	5.25	3.92	0.04	2.23
Trichoptera (L)	-	-	0.02	0.1	-	-	0.16	0.15	0.07
Crustacea									
Decapoda	-	-	-	-	0.06	-	0.02	-	-
Ostracoda	0	-	0.11	-	0.02	0.03	-	0.01	0.02
Anellida									
Hirudinidae	-	-	0.46	-	-	-	-	-	0.01
Oligochaeta	-	-	-	-	1.89	-	-	-	0.05
Vertebrata									
Hylidae	-	-	0.69	-	-	-	-	-	0.01
Osteichthyes	-	-	1.59	-	-	-	-	-	0.04
Others									
Feather	-	-	-	-	-	-	-	0.02	0.00
Fish scales	0	-	-	0.02	-	0.04	0.02	-	0.01
Invertebrate spawning	0	0.3	-	-	0.01	0.02	-	-	0.03
OM	0	-	1.31	-	-	3.02	10.07	0.02	0.86
Unknown spawn	-	-	-	-	-	-	-	0.22	0.00
Unidentified material									
Arthropd remains	1	3.82	4.91	5.35	24.01	12.76	14.45	2.12	10.23
Number of itens	1	11	28	20	23	18	22	21	
IS	0	0.55	0.23	0.27	0.29	0.36	0.33	0.54	

The mean observed proportional similarity between individuals and the population (IS) was ranged from 0.23 to 0.62, individual specialization in all sampling years (Fig 1).

Figure 1 - Population-wide prevalence of individual specialization (IS) for each year: observed values (filled dots) and expected values (dashed line) generated by a Monte Carlo null model. The dashed line indicates the median value for IS expected by the null model. The 95% confidence interval is not shown because it has small variance to median values (0.01).



Acknowledgements

We are thankful to Dr.^a Érica Caramaschi that provided data and important comments about the manuscript. We are also grateful to Dr. Francisco A. Esteves, Dr. Fábio Roland and Dr. Reinaldo L. Bozelli for inviting the Fish Ecology Lab to participate in the monitoring of Batata Lake. We are also grateful to Mineração Rio do Norte (MRN) by the financial support. CAPES granted scholarships to the author (NRS) and RM received grants from FAPERJ E/-26/203.193/2015, CNPq no.301621/2013-6 and Prociência-UERJ.

Disclosure statement

We declare no potential conflict of interest.

2.6 References

- Abujanra F, Agostinho AA, Hahn NS. 2009. Effects of the flood regime on the body condition of fish of different trophic guilds in the Upper Paraná River floodplain, Brazil. *Braz J Biol.* 69:459-468.
- Albrecht MP, CARAMASCHI EP. 2003. Feeding ecology of *Leporinus taeniofasciatus* (Characiformes: Anostomidae) before and after installation of a hydroelectric plant in the upper rio Tocantins, Brazil. *Neotrop Ichthyol.* 1:53-60.
- Araújo MS, Gonzaga MO. 2007. Individual specialization in the hunting wasp *Trypoxylon* (*Trypargilum*) *albonigrum* (Hymenoptera, Crabronidae). *Behav Ecol Sociobiol.* 61:1855-1863.
- Araújo MS, Bolnick DI, Layman CA. 2011. The ecological causes of individual specialisation. *Ecol Lett.* 14:948-958.
- Bearhop S, Adams CE, Waldron S, Fuller RA, Macleod H. 2004. Determining trophic niche width: a novel approach using stable isotope analysis. *J Anim Ecol.* 73:1007–1012.
- Bolnick DI, Svanbäck R, Fordyce JA, Yang LH, Davis JM, Hulsey CD, Forister ML. 2003. The ecology of individuals: incidence and implications of individual specialisation. *Am Nat.* 161:1-28.
- Bolnick DI, Yang LH, Fordyce JA, Davis JM, Svanbäck R. 2002. Measuring individual- level resource specialization. *Ecology.* 83:2936-2941.
- Byron E R, Whitman P T, Goldman C. R. 1983. Observations of copepod swarms in Lake Tahoe. *Limnol Oceanogr.* 28:378–382.
- Feinsinger P, Spears E E, Poole RW. 1981. A simple measure of niche breadth. *Ecology.* 62:27–32.
- Freitas TMDS, Almeida, VHDC. Valente, RDM. & Montag, LFA. 2011. Feeding ecology of *Auchenipterichthys longimanus* (Siluriformes: Auchenipteridae) in a riparian flooded forest of Eastern Amazonia, Brazil. *Neotrop Ichthyol.* 9:629-636
- Fry B, Mumford PL, Tam F, Fox DD, Warren GL, Havens KE, Steinman AD. 1999. Trophic position and individual feeding histories of fish from Lake Okeechobee, Florida. *Can J Fish Aquat Sci.* 56:590–597.
- Gomiero LM, Manzatto AG, Braga FMS. 2008. The role of riverine forests for food supply for the omnivorous fish *Brycon opalinus* Cuvier, 1819 (Characidae) in the Serra do Mar, Southeast Brazil. *Braz J Biol.* 68:321-328.
- Goulding M. 1980. The fishes and the forest: explorations in Amazonian Natural History. Berkeley (CA): University of California Press.

Hamada N, Nessimian JL, Querino RB. 2014. Insetos aquáticos na Amazônia brasileira: taxonomia, biologia e ecologia. Manaus (AM): INPA.

Hammerschlag-Peyer CM, Layman CA. 2010. Intrapopulation variation in habitat use by two abundant coastal fish species. *Mar Ecol Prog Ser.* 415:211-220.

HUSZAR VLM. 2000. Fitoplâncton In: Bozelli, R.L.; Esteves, F.A. & Roland, F. (eds.). Lago Batata: impacto e recuperação de um ecossistema amazônico. Rio de Janeiro (RJ): Universidade Federal do Rio de Janeiro/Sociedade Brasileira de Limnologia.

Kawakami E, Vazzoler G. 1980. Método gráfico e estimativa de índice alimentar aplicado no estudo de alimentação de peixes. *Bol Inst Oceanogr.* 29:205-07.

Mannheim S, Bevilacqua G, Caramaschi EP, Scarano FR. 2003. Evidence for seed dispersal by the catfish *Auchenipterichthys longimanus* in Amazonian lake. *J Trop Ecol.* p. 215-218.

Mateus L, Ortega J, Mendes A, Penha J. 2006. Nonlinear effect of density on trophic niche width and between- individual variation in diet in a Neotropical cichlid. *Austral Ecol.* 41:492-500.

Oksanen J, Kindt R, Legendre P, O'Hara B, Simpson GL, Stevens MHH, Wagner H. 2009. *vegan: Community Ecology Package.* R package version 2.9. 2.

Panosso RF, Muehe D, Esteves FA. 1995. Morphological characteristics of an Amazon floodplain lake (Lake Batata, Pará State, Brazil). *Amazoniana.* 8:245-258.

Schoener TW. 1968. The Anolis lizards of Bimini: resource partitioning in a complex fauna. *Ecology.* 49:704–726.

Soares BE. 2015. O assoreamento por rejeito de bauxita e sua relação com a diversidade taxonômica e filogenética: um estudo da ictiofauna de um lago da amazônia central (Lago Batata, PA). Master's Thesis. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Ecologia, RJ, Brazil.

Zaccarelli N, Mancinelli G, Bolnick DI. 2013. RInSp: an R package for the analysis of individual specialization in resource use. *Method Ecol Evol.* 4:1018-1023.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo demonstramos que, existem similaridades no comportamento alimentar das populações de *Aucheniptherichthys longimanus* que habitam áreas impactada e prístina, porém há variações quanto às origens alóctone e autóctone dos itens alimentares. Na área impactada, a variação do nível de inundação foi um importante fator na ampliação de nicho alimentar, pois aumentou aporte de itens alóctones no lago, itens estes fundamentais na alimentação nesta área.

Ao longo da regeneração do igapó, na área impactada, a população de *A. longimanus* apresentou, para anos mais recentes, estrutura alimentar similar a população da área natural, demonstrando um provável êxito na regeneração. *A. longimanus* demonstrou ser uma espécie resistente sob o ponto de vista trófico, pois possui natureza onívora bastante plástica. Outra característica apresentada pela espécie no Lago Batata foi o oportunismo, que refletiu na alta especialização individual, consistente ao longo dos anos, observada no capítulo II. Esse aspecto possibilitou aos indivíduos aproveitarem itens em abundância, dependendo da oferta local-temporal na área natural. O aspecto que favoreceu a permanência da espécie na área impactada, foi o alto generalismo na alimentação da população, área onde observamos alta riqueza de itens tanto quanto na área natural.

Estudos de longa série temporal são fundamentais para entendermos o funcionamento ecológico das espécies em seu ambiente natural, assim, neste trabalho privilegiamos a comparação entre 11 anos de amostragens em um mesmo período hidrológico. É importante também obter informações que apresentem resultados de longa duração ao longo do ciclo hidrológico, pois, como já observado em MANNHEIMER (1998), há evidentes variações na alimentação de acordo com a inundação anual. E para os dados sobre a condição corporal refletindo a dieta, seria fundamental utilizar a metodologia de isótopos estáveis com C_{13} e N_{15} para melhor complementar esta resposta, inferindo como a variação da alimentação onívora/frigívora responderia no bem-estar da espécie.

APÊNDICE A - Tabela 3

Tabela 3 – Porcentagem de contribuição entre 68 itens consumidos por *Auchenipterichthys longimanus*, através da dissimilaridade de Bray-Curtis (análise SIMPER), Lago Batata (PA).(continua)

Ítems alimentares	AR	AN	CUSUM	AVERAGE	SD	p
Fragmentos de Arthropoda	0.20	0.17	0.15	0.13	0.15	0.93
Ephemeroptera (<i>Asthenopus</i>) (N)	0.08	0.20	0.29	0.12	0.17	0.00***
Hymenoptera (Formicidae)	0.06	0.11	0.37	0.07	0.11	0.03*
Frutos e Sementes (A85)	0.63	0.04	0.44	0.07	0.14	0.99
Material Vegetal	0.06	0.04	0.49	0.04	0.09	0.94
Orthoptera	0.05	0.04	0.54	0.04	0.10	0.74
Frutos e Sementes (A80)	0.06	0.01	0.58	0.03	0.12	1.00
Frutos e Sementes (A1.5)	0.05	0.02	0.62	0.03	0.10	0.93
Hemiptera (A)	0.04	0.03	0.65	0.03	0.08	0.81
Frutos e Sementes (Tapioquinha)	0.02	0.04	0.69	0.03	0.10	0.09
Coleoptera(A)	0.04	0.02	0.72	0.03	0.07	0.95
Frutos e Sementes (A164)	0.00	0.04	0.75	0.02	0.09	0.01**
Isoptera	0.03	0.01	0.77	0.02	0.07	0.96
Araneae	0.01	0.02	0.79	0.02	0.06	0.13
Hymenoptera (Vespidae) (A)	0.01	0.02	0.81	0.01	0.05	0.02*
Frutos e Sementes (A135)	0.01	0.01	0.82	0.01	0.08	0.60
Odonata (Zygóptera) (A)	0.01	0.01	0.83	0.01	0.06	0.54
Diptera	0.02	0.01	0.85	0.01	0.06	0.88
Osteichthyes	0.01	0.01	0.86	0.01	0.06	0.40
Frutos e Sementes (A11)	0.01	0.01	0.87	0.01	0.05	0.36
Lepdoptera (L)	0.01	0.01	0.88	0.01	0.03	0.37
Odonata (N)	0.00	0.01	0.89	0.01	0.04	0.17
Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (N)	0.01	0.00	0.89	0.01	0.06	0.79
Hylidae	0.01	0.01	0.90	0.01	0.05	0.54
Naucoridae	0.01	0.00	0.91	0.01	0.04	0.96
Ostracoda	0.01	0.00	0.92	0.01	0.04	0.79
Tricoptera (L)	0.00	0.01	0.92	0.00	0.05	0.31
Frutos e Sementes (A273)	0.00	0.01	0.93	0.00	0.04	0.17
Blattodea	0.01	0.00	0.93	0.00	0.02	0.97
Chilopoda	0.00	0.01	0.94	0.00	0.03	0.03*
Frutos e Sementes (A23)	0.00	0.01	0.94	0.00	0.05	0.40
Diptera (L)	0.01	0.00	0.95	0.00	0.04	0.62
Frutos e Sementes (A22)	0.00	0.01	0.95	0.00	0.03	0.21
Frutos e Sementes (A227)	0.00	0.01	0.96	0.00	0.04	0.44
Frutos e Sementes (A52)	0.00	0.01	0.96	0.00	0.03	0.30
Desova Invertebrado	0.00	0.01	0.96	0.00	0.02	0.00***
Macroalga	0.01	0.00	0.97	0.00	0.03	0.53
Frutos e Sementes (A143)	0.01	0.00	0.97	0.00	0.04	1.00
Frutos e Sementes (A120)	0.01	0.00	0.97	0.00	0.04	1.00

(conclusão)

Frutos e Sementes (A99)	0.00	0.00	0.98	0.00	0.03	0.67
Semente A16	0.00	0.01	0.98	0.00	0.03	0.19
Frutos e Sementes (A131)	0.01	0.00	0.98	0.00	0.03	1.00
Semente A10	0.00	0.00	0.98	0.00	0.02	0.43
Gastropoda	0.00	0.00	0.99	0.00	0.01	0.75
Isopoda	0.00	0.00	0.99	0.00	0.02	0.70
Frutos e Sementes (A243)	0.00	0.00	0.99	0.00	0.02	0.42
Diplopoda	0.00	0.00	0.99	0.00	0.01	0.35
Desova desconhecida	0.00	0.00	0.99	0.00	0.01	0.43
Frutos e Sementes (A260)	0.00	0.00	0.99	0.00	0.01	0.70
Frutos e Sementes (A69)	0.00	0.00	0.99	0.00	0.01	1.00
Frutos e Semente (A276)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.01	0.18
Dermaptera (A)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.01	0.26
Decapoda	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.09
Coleoptera (Curculionidae) (L)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.09
Fruto e Semente (A193)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.01	1.00
Hirudinidae	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.43
Escamas	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.02*
Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (A)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.42
Frutos e Sementes (A160)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.42
Pele de Cobra	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Pena	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.42
Oligochaeta	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.50
Frutos e Sementes (A14)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.47
Frutos e Sementes (A27)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.41
Frutos e Sementes (A136)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00
Hidracarina	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.16
Frutos e Sementes (A115)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.40
Siphonaptera	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.42

Legenda: Listado do maior para a menor Média da Contribuição da Dissimilaridade Total. Lago Batata (PA).

REJ = Área Impactada; NAT = Área Natural; CUSUM = Contribuição acumulativa; AVERAGE = Média da contribuição da Dissimilaridade Total; SD = Desvio Padrão.

Fonte: A autora, 2018.

PARÊNDICE B - Tabela 4

Tabela 4 - Índice alimentar (IAi%) para Sementes e frutos consumidos por *Auchenipterichthys longimanus* coletados em área Impactada e área natural, de 1991 a 2015, Lago Batata (PA).

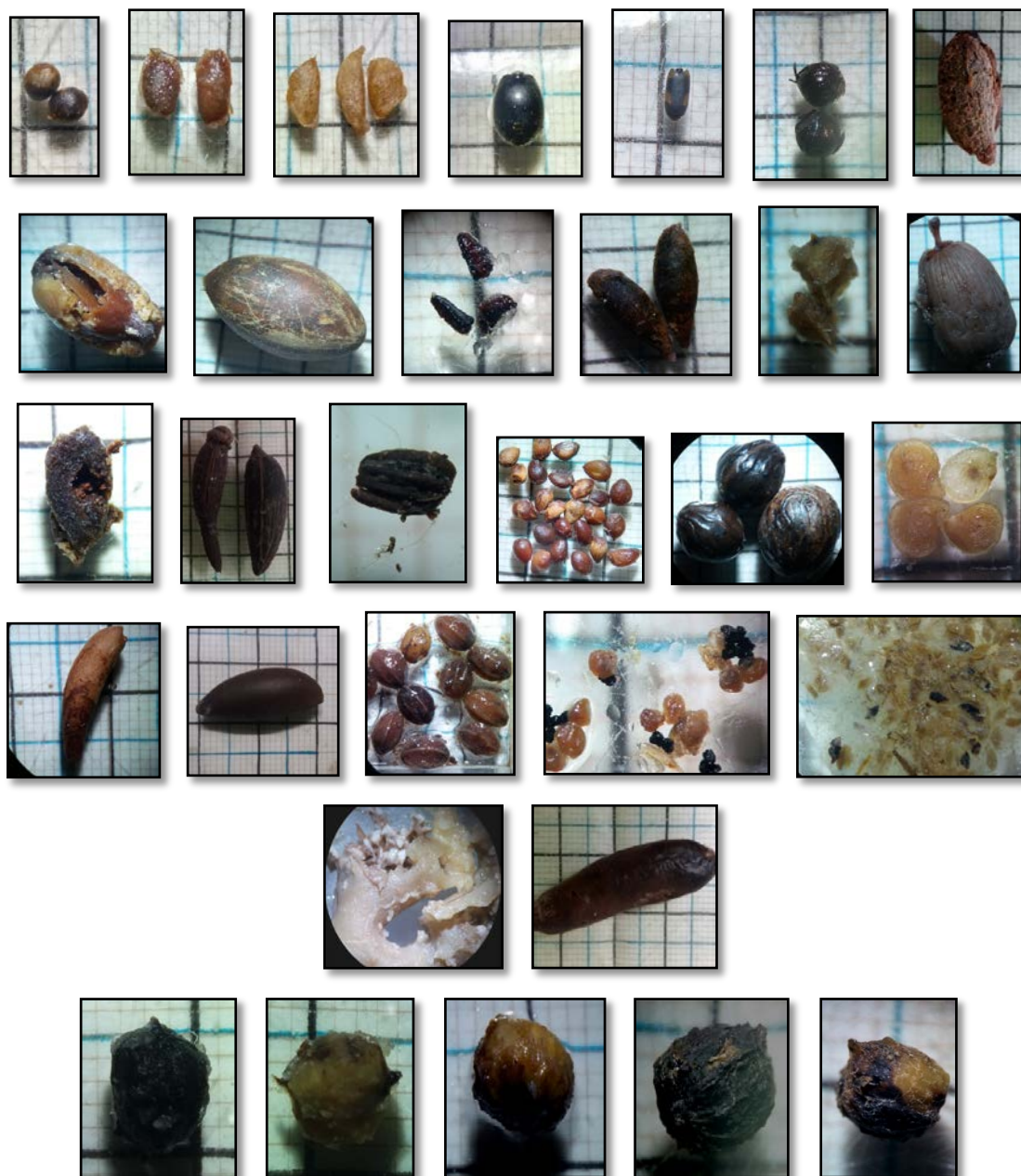
Ítems alimentares	Índice alimentar (IAi%)		Total
	AR	AN	
Frutos e Sementes (P) (<25mm³)	95.8	71.48	87.44
Frutos e Sementes (A1.1)	0.50	2.89	1.57
Frutos e Sementes (A1.5)	14.46	11.07	16.25
Semente (A1.6)	0.00	0.80	0.14
Semente (A10)	0.00	0.01	0.00
Semente (A14)	0.00	1.23	0.22
Semente (A22)	0.00	0.58	0.10
Frutos e Sementes (A80)	18.94	0.45	10.92
Frutos e Sementes (A85)	63.39	19.40	54.49
Semente (A115)	0.00	0.00	0.00
Semente(A136)	0.00	0.00	0.00
Semente(A160)	0.00	0.02	0.00
Semente (A193)	0.00	0.00	0.00
Frutos e Sementes (A227)	0.00	1.20	0.21
Frutos e Sementes (A260)	0.03	0.02	0.03
Frutos e Sementes (Tapioquinha)	0.37	24.88	6.79
Frutos e Sementes (G) (>25mm³)	4.20	28.52	12.56
Semente (A23)	0.00	0.11	0.02
Semente (A27)	0.00	0.00	0.00
Frutos e Sementes (A52)	0.05	0.21	0.12
Frutos e Sementes (A69)	0.28	0.00	0.13
Frutos e Sementes (A99)	0.16	0.21	0.23
Frutos e Sementes (A120)	0.04	0.00	0.02
Frutos e Sementes (A131)	0.32	0.00	0.15
Frutos e Sementes (A135)	1.43	4.05	2.80
Semente(A143)	0.04	0.00	0.02
Frutos e Sementes (A164)	0.00	30.78	5.40
Frutos e Sementes (A243)	0.00	0.07	0.01
Frutos e Sementes (A273)	0.00	1.81	0.32
Semente (A276)	0.00	0.22	0.04

Legenda: P = pequeno e G = grande. AR = Área Impactada e AN = Área Natural.

Fonte: A autora, 2018.

APÊNDICE C – Figura 12

Figura 12 - Sementes e Frutos encontrados nos estômagos/intestinos de *Auchenipterichthys longimanus*, coletados em período de enchente de 1991 a 2015, Lago Batata (PA), Amazônia Central.



Legenda: Imagem sobre folha milimetrado.
Fonte: A autora, 2017.

APÊNDICE D – Tabela 6

Tabela 6 - Índice alimentar (IAi%) para os 41 itens alimentares consumidos por *Auchenipterichthys longimanus* coletados em área Impactada, de 1991 a 2015, Lago Batata (PA).

Itens alimentares	Índice Alimentar (IAi%) - área Impactada										
	1991	1992	1993	2001	2003	2006	2008	2010	2011	2013	2015
Arachnida	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.75	0.01	0.69	3.17	0.00	0.01
Blattodea	2.84	0.03	0.00	0.17	0.00	0.09	0.00	0.00	0.39	0.00	0.02
Diptera(L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Diptera	0.02	0.00	11.67	0.00	0.00	0.01	0.00	0.78	0.00	0.00	0.00
Coleoptera (Curculionidae) (L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coleoptera(A)	3.32	4.89	0.12	0.00	0.00	9.31	0.95	0.05	7.19	4.09	0.81
Chilopoda	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Decapoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Desova Invertebrado	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Diplopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (N)	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (A)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ephemeroptera (<i>Asthenopus</i>) (N)	21.39	0.75	22.04	0.08	0.00	0.04	0.00	9.24	0.00	0.00	1.16
Escamas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fragmento de Artropoda	25.96	49.84	38.55	0.79	1.33	6.44	5.48	14.44	17.24	53.02	50.52
Gastropoda	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Hemiptera(A)	0.00	15.01	0.00	0.01	0.17	0.41	0.32	7.33	1.35	0.01	0.11
Hidracarina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hirudinidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hylidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.35	0.00	0.00	3.76	0.00
Hymenoptera (Vespas) (A)	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	1.00	0.03	0.00	0.31	1.84	0.49
Hymenoptera (Formicidae)	14.85	2.10	3.56	0.73	0.04	0.42	4.75	5.21	5.83	1.97	17.10
Isopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Isoptera	0.76	0.13	20.10	0.10	0.00	0.54	0.00	0.39	0.27	0.82	0.01
Lepdoptera (L)	0.00	1.24	0.05	0.00	0.00	0.80	0.04	0.96	0.21	0.00	0.06
MO	4.22	21.47	2.77	1.23	0.89	0.00	0.17	0.24	0.28	7.15	0.01
M. Vegetal	3.74	2.89	0.89	0.01	0.00	8.21	1.07	5.83	1.94	0.60	0.49
Macroalga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Naucoridae	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	3.56	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00
Odonata (Zygóptera) (A)	0.00	0.00	0.00	0.08	0.15	0.31	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Odonata(N)	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00
Oligochaeta	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Orthoptera	11.35	1.24	0.00	0.03	1.10	2.69	0.05	3.06	3.73	0.33	0.54
Osteichthyes	0.00	0.00	0.00	0.00	1.83	0.00	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00
Ostracoda	2.18	0.03	0.06	0.00	0.01	0.33	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00
Pele de Cobra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00
Pena	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Siphonaptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dermáptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Trichoptera (L)	0.00	0.22	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Sementes e Frutos	6.58	0.07	0.00	96.50	94.47	64.23	86.26	51.28	57.58	26.33	28.64

Legenda: L = larva, A = adulta, N = Náide ou Ninfa. Obs.Todas as sementes e frutos foram agrupados em um só grupo. Fonte:A autora, 2018.

APÊNDICE E – Tabela 7

Tabela 7 - Índice alimentar (IAi%) para para os 41 itens alimentares consumidos por *Auchenipterichthys longimanus* coletados em área natural, de 1991 a 2015, Lago Batata (PA).

Itens alimentares	Índice Alimentar (IAi%) - área Natural										
	1991	1992	1993	2001	2003	2006	2008	2010	2011	2013	2015
Arachnida	0.00	0.03	29.65	0.00	0.08	0.48	0.05	0.84	2.81	0.60	0.62
Blattodea	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.03	0.01	0.00	0.09	0.00
Diptera(L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00
Diptera	0.02	0.02	0.02	0.00	0.01	0.01	0.06	0.01	0.00	0.00	0.03
Coleoptera (Curculionidae) (L)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.02
Coleoptera(A)	0.34	0.00	2.36	0.01	0.14	9.27	1.47	2.21	0.17	0.80	0.57
Chilopoda	0.03	0.27	3.28	0.00	0.00	0.97	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00
Decapoda	1.98	0.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.02	0.00
Desova Invertebrado	0.00	0.00	0.00	0.29	0.51	0.00	0.00	0.02	0.02	0.00	0.25
Diplopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (N)	0.00	0.05	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
Ephemeroptera (<i>Campsurus</i>) (A)	0.22	77.21	0.69	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ephemeroptera (<i>Asthenopus</i>) (N)	0.01	0.73	10.67	67.44	60.89	0.17	4.79	2.24	0.00	0.00	27.06
Escamas	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.04	0.00	0.05	0.03	0.00
Fragmento de Artropoda	7.04	0.04	21.86	14.61	6.66	10.47	11.10	37.98	17.64	20.03	2.42
Gastropoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00
Hemiptera(A)	0.00	0.01	0.80	0.15	0.32	0.37	0.00	3.56	2.31	0.39	0.08
Hidracarina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hirudinidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hylidae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Hymenoptera (Vespas) (A)	0.28	3.64	1.70	0.00	0.00	0.14	0.04	6.04	3.21	0.04	0.00
Hymenoptera (Formicidae)	0.00	15.47	10.35	14.55	1.47	4.32	10.33	7.75	28.01	32.20	1.62
Isopoda	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Isoptera	0.00	0.00	12.52	0.00	0.00	1.91	0.32	1.14	0.00	0.79	0.00
Lepdoptera (L)	0.00	0.00	1.46	0.00	0.00	1.44	0.00	0.34	0.68	0.60	0.00
MO	5.99	0.00	1.02	0.85	0.00	2.81	0.00	0.00	4.17	13.96	0.03
M. Vegetal	6.06	0.73	1.02	1.57	0.00	10.13	1.58	4.09	1.19	2.18	1.50
Macroalga	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Naucoridae	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Odonata (Zygóptera) (A)	0.32	0.45	0.01	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	2.22	0.00	0.02
Odonata(N)	2.83	0.00	0.41	0.05	0.00	0.30	0.07	0.22	0.09	0.09	0.00
Oligochaeta	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	2.98	0.00	0.00	0.00
Orthoptera	0.00	0.39	0.03	0.39	0.11	22.93	0.20	0.72	7.26	5.44	0.05
Osteichthyes	0.29	0.29	0.00	0.00	0.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ostracoda	0.00	0.10	0.00	0.08	0.00	0.24	0.00	0.04	0.04	0.00	0.01
Pele de Cobra	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pena	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
Siphonaptera	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Dermáptera	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Trichoptera (L)	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02	0.01
Sementes e Frutos	74.56	0.18	15.49	0.00	29.81	27.87	66.46	29.16	30.12	22.65	65.69

Legenda: L = larva, A = adulta, N = Náíade ou Ninfa. Obs.Todas as sementes e frutos foram agrupados em um só grupo. Fonte: A autora, 2018.