



INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA DE ÁGUA DOCE E PESCA
INTERIOR - BADPI

**Frugivoria e ictiocoria em uma área de várzea na Amazônia
Central brasileira**

BIANCA WEISS ALBUQUERQUE

Manaus, Amazonas
2015

BIANCA WEISS ALBUQUERQUE

**Frugivoria e ictiocoria em uma área de várzea na Amazônia
Central brasileira**

Orientadora: Dr^a. MARIA TERESA FERNANDEZ PIEDADE

Coorientador: Dr. Jansen Alfredo Sampaio Zuanon

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação do INPA, como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

Manaus, Amazonas

2015

FICHA CATALOGRÁFICA

XXXX Weiss, Bianca Albuquerque
Frugivoria e ictiocoria em uma área de várzea na Amazônia Central brasileira/
Bianca Weiss Albuquerque.--- Manaus [sn.], 2015.
X, 82 f.: il.color.

Dissertação (Mestrado) --- INPA, Manaus, 2015.
Orientadora: Maria Teresa Fernandez Piedade.
Coorientador: Jansen Sampaio Zuanon
Área de concentração: Biologia de Água Doce e Pesca Interior.

1. Ictiocoria 2. Florestas alagáveis. 3. Várzea. I. Título.

CDD xxx.xxxx

Sinopse:

Estudou-se a interação entre peixes e plantas em uma área de várzea, por meio da análise da viabilidade de sementes retiradas do trato digestório de peixes do lago Catalão, município de Iranduba, Amazonas. Parâmetros como porcentagem, velocidade e tempo médio de germinação foram medidos e comparados àqueles de sementes das mesmas espécies coletadas diretamente das plantas-mães.

Palavras-chave: Dispersão, germinação, floresta de várzea.

“Tentaram nos enterrar, mas não sabiam que éramos sementes”.
(Provérbio mexicano)

Agradecimentos

Agradeço aos pescadores Mário, Astrogildo, Agenor, Walter “Chinês”, Francisco Fonseca e ao parobotânico José Ramos (Herbário INPA), todos vocês foram imprescindíveis para a realização deste trabalho. Agradeço também a prestatividade e acolhimento do Sr. Luiz Aurélio e de todos os demais servidores durante a estadia no flutuante Catalão. Muito obrigada por tornarem o trabalho ainda mais prazeroso.

Ao INPA, ao curso BADPI e ao CNPq, pela possibilidade de realizar o projeto e pela concessão da bolsa.

A minha orientadora Dra. Maite Piedade e ao meu coorientador Dr. Jansen Zuanon, meu agradecimento especial, pelas correções e grande incentivo a seguir em frente.

Ao grupo MAUA e a todos os colegas do Max-Planck em especial aqueles que contribuíram diretamente com soluções logísticas, apoio técnico, sugestões para o trabalho e calorosa amizade, Celso, Kelvin, Beth, Josephina, Liani, Angélica, Layon, Yuri, Rafael, Aline, Joana e aos alunos de PIBIC, Gilvan e Ivone pelo auxílio durante o período de experimento.

Aos amigos da turma de mestrado, todos de alguma forma fizeram parte dessa etapa, compartilhando sugestões, críticas, dúvidas e alegrias.

Aos professores do BADPI e revisores do plano de trabalho (Dra. Cláudia de Deus, Dra. Isolde Ferraz e Dr. Geraldo Mendes), muito obrigada pela disponibilidade e importante contribuição. A Dra. Sidnéia Amadio e ao Dr. Efreim Ferreira por cederem parte do material utilizado para este estudo e a Euri, Cris, Sr. Raimundo, Arnóbio e ao Urbano por todo o suporte nas análises.

As amigas Laynara, Sabrina, Luiza e Marina pelos “pitacos” desde a qualificação até o momento da defesa.

Ao meu namorado Diogo, por estar ao meu lado do início ao final dessa jornada, demonstrando apoio, carinho e paciência e finalmente a família Weiss e Albuquerque, mãe Maria Clara, irmãs Adriana e Caroline, avó Nice, *in memoriam* Maria, Gracina (avós) e José (pai), vocês me inspiram. Sou muito grata por todo o amor recebido.

Resumo

O objetivo do estudo foi investigar a interação entre peixes e plantas por meio da análise de sementes retiradas inteiras do trato digestório de peixes capturados no lago Catalão, Amazônia Central, Brasil. As coletas foram realizadas no ano de 2014 durante os períodos correspondentes à enchente, cheia e vazante. Consumiram sementes 148 exemplares de peixes pertencentes a 14 espécies, duas ordens e seis famílias, entre elas algumas de hábito migratório, como *Colossoma macropomum*, *Pterodoras granulosus*, e espécies dos gêneros *Brycon* e *Triporthesus*. O consumo mais intenso foi verificado nos meses de maio, junho e julho, correspondentes aos períodos de cheia e início da vazante. Foram identificadas 18 espécies vegetais pertencentes a 16 famílias. *Cecropia* spp., *Ficus insipida* e *Laetia corymbulosa* apresentaram a maior frequência de ocorrência de consumo por peixes. *Triporthesus albus* (n=33), *Triporthesus auritus* (n=27) e *Colossoma macropomum* (n=19) tiveram o maior número de exemplares capturados com sementes. As sementes foram semeadas em casa de vegetação sobre solo de várzea, com o objetivo de verificar a sua viabilidade; dessas, apenas as sementes de duas espécies (*Bactris riparia* e *Senna alata*) não germinaram. Para análise de porcentagem, velocidade e tempo médio de germinação, foram utilizadas duas espécies, *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa*, por terem sido as espécies mais consumidas por três das espécies de peixes mais abundantes na área de estudo, *Triporthesus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus*. A porcentagem, a velocidade e o tempo médio de germinação dessas duas espécies não diferiram entre sementes retiradas do estômago e do intestino dos peixes. Os mesmos parâmetros germinativos foram calculados para um subconjunto das sementes retiradas somente do intestino (n=100 sementes) e daquelas oriundas diretamente das plantas-mãe (n=100). Os resultados indicaram diferença significativa para as duas espécies entre subconjuntos das sementes retiradas dos intestinos e das plantas-mãe. Sementes submetidas ao processo digestório dos peixes não apresentaram incremento germinativo. Entretanto, o fato de terem sido encontradas sementes viáveis no trato digestório de peixes com hábito migratório, sugere que a ictiocoria deve ser considerada um vetor de elevada importância na dispersão de sementes na várzea.

Palavras chave: Dispersão, germinação, floresta inundável.

Abstract

The aim of the study was to investigate the interaction between fish and plants through analysis of seeds taken entire from the digestive tract of fish, sampled in the Catalão Lake, Central Brazilian Amazon. Samples were collected in 2014 during periods corresponding to the flooding, peak of flood and receding waters. Seeds were consumed by 148 fish individuals, belonging to 14 species, two orders and six families, among them some migratory species, such as *Colossoma macropomum*, *Pterodoras granulosus* and species belonging to the genera *Brycon* and *Triportheus*. The most intense consumption was observed in May, June and July, corresponding to periods of flooding and early receding of waters. Eighteen plant species belonging to 16 families were identified. *Cecropia* spp., *Ficus insipida* and *Laetia corymbulosa* were the most abundant in the fish diets. *Triportheus albus* (n=33), *Triportheus auritus* (n=27) and *Colossoma macropomum* (n=19) had the largest number of sampled specimens containing seeds in their digestive tract. Seeds of 18 species were sown in a greenhouse with soil from várzea, in order to verify their viability; of these, only seeds of two species (*Bactris riparia* and *Senna alata*) did not germinate. For analysis of percentage, germination time and speed, were used two plant species, *Cecropia* spp. and *Laetia corymbulosa*, since they were the species most consumed by three species (*Triportheus albus*, *T. angulatus* and *T. auritus*), which were amongst the most abundant fish species in the study area. The percentage, speed and average time of germination of these two species did not differ from seeds taken from the stomach or intestine of the fishes evaluated. The same germination parameters were calculated for a subset of seeds taken only in the intestines (n= 100 seed) and those derived directly from the mother plants (n= 100). The results indicated significant difference for both species among the subsets of seeds taken from the intestines and from the mother-plants. Seeds subjected to the digestive process of the fish showed no germination increment. However, the fact that there were found viable seeds in the digestive tract of fishes with migratory habits, suggests that ichthyochory should be considered an highly important vector of seed dispersal in the várzeas.

Key words: Dispersal, germination, floodplain forest.

Sumário

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Lista de tabelas.....	viii
Lista de figuras.....	x
Introdução geral.....	11
Objetivos.....	16
Objetivo geral.....	16
Objetivos específicos.....	16
Área de Estudo.....	17
Referências Bibliográficas.....	19
Capítulo 1- <i>Análise da viabilidade de sementes após o consumo por peixes na floresta de várzea no lago Catalão, Amazônia Central</i>	26
Resumo.....	27
Abstract.....	28
Introdução.....	29
Material e Métodos.....	30
1. Captura de peixes e sementes.....	30
2. Semeadura.....	31
3. Análise de dados.....	32
Resultados.....	32
Discussão.....	37
1. Peixes e o consumo de sementes.....	37
2. Diversidade de sementes consumidas por peixes.....	41
3. Viabilidade e dispersão de sementes consumidas por peixes.....	42
Referências Bibliográficas.....	45

Capítulo 2- <i>Germinação de sementes de Cecropia spp. e Laetia corymbulosa Spruce ex Benth retiradas do trato digestório de três espécies de sardinha (gênero Triportheus) no lago Catalão, Amazônia Central</i>	57
Resumo.....	58
Abstract.....	59
Introdução.....	60
Material e Métodos.....	61
1. Espécies vegetais.....	61
2. Espécies de peixes.....	62
3. Captura dos peixes e retirada das sementes.....	62
4. Coleta de sementes das plantas-mãe e semeadura.....	63
5. Análise de dados.....	64
Resultados.....	65
Discussão.....	68
Referências Bibliográficas.....	74
Considerações Finais.....	82

Lista de Tabelas

Capítulo 1

Tabela 1. Espécies de peixes capturados que consumiram sementes; comprimento padrão médio (CP; mm); total de exemplares capturados (Total; n), número e porcentagem de peixes capturados com alimento no trato digestório (estômago e/ou intestino); número e porcentagem de exemplares de peixes encontrados com sementes.....33

Tabela 2. Número total (n) de sementes das espécies vegetais retiradas do trato digestórios (estômago e/ou intestino) dos peixes. Frequência de ocorrência (FO%) referente ao número de vezes que determinada espécie foi encontrada no trato digestório (estômago e/ou intestino) de cada exemplar de peixe e registro dos meses em que as espécies foram consumidas.....35

Anexo

Tabela 1. Relação de espécies de plantas (sementes) consumidas por cada espécie de peixe no lago Catalão, Amazônia Central, AM. Número de sementes retiradas do estômago (n) e do intestino (n) e porcentagem de germinação (PG) para cada espécie de planta e local de obtenção (estômago e/ou intestino).....

Capítulo 2

Tabela 1. Número de exemplares (n) das três espécies do gênero *Triportheus* capturados com sementes no estômago e/ou intestino. Média do Comprimento Padrão (CP) dos peixes em milímetros (mm) e peso (g). Frequência de ocorrência aproximada (FO%) do consumo de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa* baseada no número total de sementes consumidas.....66

Tabela 2. Número total (n) e a porcentagem de germinação (PG%) de sementes de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa* encontradas no estômago e no intestino das três espécies de peixes do gênero *Triportheus*.....66

Tabela 3. Desempenho germinativo (IVG e \bar{t}) de sementes de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa*, obtidas do estômago ou do intestino de sardinhas do gênero *Triportheus* no lago Catalão.....67

Tabela 4. Valores de porcentagem de germinação (PG %), Índice de Velocidade de Germinação (IVG – germinação/dia) e Tempo Médio de Germinação (\bar{t} - dia) de sementes retiradas do intestino de sardinhas (*Triportheus* spp.) e obtidas diretamente das plantas-mãe no lago Catalão.....67

Lista de Figuras

Figura 1. Localização do lago Catalão, na confluência dos rios Negro e Solimões, no município de Iranduba, Amazonas. Figura elaborada por: Resende, A.F.....17

Figura 2. (A) Floresta de várzea na margem do rio Solimões, (B) Interior da floresta de várzea conectada pelas águas durante o período de inundação do lago Catalão, município de Iranduba, Amazonas (Amazônia Central). Fotos: Bianca Weiss.....18

Capítulo 1

Figura 1. Número de espécies e exemplares de peixes encontrados consumindo sementes ao longo dos meses de coleta.....34

Figura 2. Número de sementes (n=3.092) das 18 espécies vegetais encontradas no trato digestório de 14 espécies de peixes (n=148 exemplares).....36

Figura 3. Porcentagem total de germinação para cada espécie vegetal, para sementes obtidas do estômago e/ou intestino de peixes coletados no lago Catalão entre março e agosto de 2014.....37

Capítulo 2

Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de *Cecropia* spp. retiradas no intestino de peixes e daquelas oriundas diretamente das plantas-mãe, ao longo de 30 dias de experimento mantido em casa de vegetação.....68

Figura 2. Porcentagem de germinação de sementes de *Laetia corymbulosa* retiradas do intestino de peixes e daquelas oriundas diretamente das plantas-mãe, ao longo de 120 dias de experimento mantido em casa de vegetação.....68

Introdução Geral

A bacia Amazônica é a maior rede fluvial do mundo e constitui um grande sistema composto por rios com diferentes tipos de águas, classificadas basicamente em águas pretas, brancas e claras (Sioli 1984). A flutuação sazonal do nível das águas dos grandes rios da bacia Amazônica resulta do somatório das chuvas em todo o sistema juntamente com as águas decorrentes do degelo sazonal dos Andes, levando a períodos anuais de águas altas e de águas baixas. Nas áreas alagáveis associadas aos grandes rios amazônicos duas fases bem definidas ocorrem ao longo do ano devido ao pulso de inundação, a fase terrestre e a aquática (Junk *et al.* 1989). É no período de águas altas, durante a fase aquática que ocorre o alagamento das planícies aluviais, quando o transbordamento dos rios inunda uma área total de 800.000 km², o equivalente a 14% da Amazônia brasileira (Melack e Hess 2010).

Conforme o tipo de água, as áreas alagáveis são denominadas de igapós ou várzeas. As florestas de igapó ocorrem ao longo dos rios que drenam os escudos Paleozóicos e/ou Pré-Cambrianos da Guiana e do Brasil Central (Wittmann *et al.* 2010), que carregam águas claras e pretas, com baixa fertilidade, baixa carga sedimentar, elevada acidez, sobre solos pobres em nutrientes (Sioli 1984). As florestas de várzea são áreas inundáveis por rios de águas brancas, cujas cabeceiras drenam as regiões Andina e Pré-Andina, onde os processos de erosão são intensos e responsáveis pelo carreamento de grandes quantidades de sedimentos em suspensão. Esses sedimentos e o conteúdo relativamente alto de nutrientes e sais minerais dissolvidos nas águas resultam na formação de solos mais férteis e menos ácidos (Sioli 1984). Nas florestas de várzea, características como a fertilidade, acidez e diferenças na topografia do solo, somadas à variação no número de dias de inundação anual ao qual o sistema é submetido, contribuem para a formação de gradientes sucessionais de composição de espécies, diversidade e estrutura da floresta (Wittmann *et al.* 2004). Devido a essas variações, a ocorrência de algumas espécies de árvores é limitada em função de sua tolerância ao nível e tempo de alagamento (Wittmann *et al.* 2010). A riqueza de espécies arbóreas nas várzeas é estimada em cerca de 1.000 espécies, algumas com valor econômico, o que resulta em uma exploração desordenada desse tipo de matéria prima pelo setor madeireiro (Wittmann *et al.* 2006).

As estratégias de dispersão de algumas espécies de plantas nas várzeas ressaltam a importância da água para a distribuição das sementes. Postula-se que em ambientes aquáticos os processos fenológicos de diversas espécies estão intimamente relacionados com a tolerância à inundação (Junk 1989; Scarano 1998; Ferreira *et al.* 2010) e com a capacidade de flutuação e morfologia dos propágulos (Kubitzki e Ziburski 1994; Ger Boedeltje *et al.* 2004; Parolin *et al.* 2010). A dispersão de sementes, mecanismo pelo qual a espécie amplia a sua distribuição é um processo chave e seu sucesso é decisivo dentro do ciclo de vida de grande parte das espécies presentes em ambientes tropicais (Howe e Miriti 2004). Especialmente nas áreas alagáveis, esse sucesso possivelmente se deu pelo desenvolvimento de estratégias adaptativas para as inundações periódicas, entre as quais merecem destaque a sincronia entre uma elevada produção de frutos e o nível alto das águas (Ziburski 1990; Schöngart *et al.* 2002; Ferreira *et al.* 2010). As árvores são organismos de vida sésil, por isso, suas estruturas reprodutivas é que se movimentam no espaço (Herrera 2002). Nesses ambientes, as espécies que produzem frutos têm suas sementes dispersas por meio de vetores externos (Ridley 1930; Van der Pijl 1972). Alguns organismos dispersores podem atuar nas áreas acima das copas, como os pássaros, os morcegos e o vento, enquanto outros atuam em áreas abaixo das copas, como a água e os peixes (Goulding 1980).

Para algumas espécies, até mesmo a dispersão anemocórica (pelo vento) pode ser combinada com a dispersão por via hidrocórica (pela água). *Pseudobombax munguba* (Malvaceae), uma espécie típica das várzeas, produz diásporos leves envoltos por uma “paina”, o que permite que suas sementes sejam dispersas através do vento; no entanto, se caírem na superfície da água, também serão capazes de manter-se flutuando por períodos de minutos ou dias (Kubitzki e Ziburski 1994). Por outro lado, sementes mais pesadas e com ausência de estruturas flutuantes tendem a afundar imediatamente. Alguns estudos demonstraram que essas sementes podem permanecer viáveis, mesmo depois de meses de submersão e que a germinação pode ocorrer durante um curto espaço de tempo, assim que a descida das águas se inicie (Kubitzki e Ziburski 1994; Piedade *et al.* 2003, 2005). Segundo Oliveira-Wittmann (2010) há um número variado de espécies que possuem sementes capazes de persistir por toda a fase aquática e se estabelecer na fase terrestre subsequente. Outras podem germinar ainda enquanto flutuam (Melo *et al.* 2015) e as plântulas se prenderem posteriormente a substratos. De modo geral, o tempo de flutuação pode variar em decorrência de diferentes fatores, e

ainda não está claro se isso representa uma vantagem para algumas espécies, favorecendo ou não a dispersão das sementes através da hidrocoria (Ziburski 1990).

Sob tais condições extremas e típicas de áreas alagáveis, a dispersão deve ser eficiente, e nesse contexto, o papel da ictiocoria vem sendo reconhecido desde os anos 1930, quando foram realizados os primeiros registros de peixes que se utilizam de frutos e sementes como fontes de alimento (Ridley 1930). Na década de 1970, iniciou-se uma série de estudos para investigar as características e o papel da ictiocoria na região Amazônica, principalmente após a observação de sementes encontradas intactas no trato digestório de peixes (Gottsberger 1978; Paul Ericson 1979), com destaque para os gêneros *Brycon* e *Colossoma* (Goulding 1980). Outro motivo para o incremento nesses estudos deveu-se à alta riqueza e diversidade de peixes presentes na extensa trama de rios e áreas sazonalmente alagáveis da região amazônica (Ayres *et al.* 1996; Junk *et al.* 2010), estimada para toda a bacia em aproximadamente 3.000 espécies (Queiroz *et al.* 2013). Nas florestas alagáveis, frutos contendo reservas nutritivas de acentuada importância na dieta de peixes (Pizango-Paima 2001; Maia e Chalco 2002; Claro-Jr. *et al.* 2004), ao produzirem barulho durante a queda, podem ser imediatamente consumidos juntamente com as suas sementes (van der Pijl 1972). Horn *et al.* (2011) evidenciaram que na região Neotropical ocorrem cerca de 150 espécies de peixes que consomem frutos em alguma fase da vida, representando em torno de 60% do total de 276 espécies de peixes frugívoros catalogadas no mundo. Além disso, a análise de 62 estudos realizados entre os anos de 1910 e 2013 em áreas tropicais evidenciou que frutos e sementes de pelo menos 344 espécies vegetais são consumidas por 69 espécies de peixes (Correa *et al.* 2015).

O consumo de alimento por peixes está ligado a fatores bióticos (atração química, visual, sensorial, elétrica e social) e abióticos (intensidade da luz, temperatura, entre outros) (Gannam 2008). No que diz respeito à ingestão de frutos e/ou sementes, ela pode ocorrer e ser classificada de diferentes formas. Acidental, quando o indivíduo captura presas que preferencialmente se alimentam de frutos e/ou sementes, ou quando simplesmente as presas, no momento da captura, estão próximas aos propágulos. A ingestão oportunística se relaciona com a disponibilidade do fruto e/ou semente no ambiente, porém esses itens não correspondem aos recursos preferências dos peixes. Por fim, a ingestão preferencial é caracterizada pelo reconhecimento do fruto e/ou semente como parte fundamental da dieta do indivíduo (Gerking 1994; Traveset 1998).

Alguns estudos apontam que peixes de grande porte possuem maiores chances de ingerir sementes intactas, pois aquelas de tamanho inferior à cavidade oral do peixe provavelmente poderão ser engolidas inteiras. Entretanto, sementes com tamanho maior possivelmente serão mastigadas, o que pode inviabilizar o embrião (Galetti *et al.* 2008; Anderson *et al.* 2009 e 2011; Correa *et al.* 2015). Os danos causados às sementes durante a ingestão também podem variar entre os diferentes grupos de peixes. Alguns representantes da ordem Characiformes que apresentam dentes molariformes e/ou multicuspidados, tais como aqueles dos gêneros *Colossoma* e *Brycon*, são capazes de destruir parte das sementes consumidas (Goulding 1980, 1983). Por outro lado, os bagres, grupo de peixes providos de boca grande e hábito de engolir itens inteiros devido à ausência de dentes em algumas espécies, parecem excretar somente sementes intactas (Souza-Stevaux 1994; Pilati *et al.* 1999; Mannheimer *et al.* 2003; Piedade *et al.* 2003, 2006; Correa *et al.* 2007), além de poderem comumente regurgitar os itens consumidos (Gannam 2008).

Os frutos não são selecionados pelos peixes somente pelo tamanho de sua boca. Outra característica importante é o tipo de tecido que os envolve. Frutos com pericarpo carnoso e succulento, cuja função é proteger a semente, tendem a ser mais palatáveis aos peixes (Adams *et al.* 2007). Frutos menores e constituídos de sementes pequenas, como *Ficus* sp. e *Cecropia* spp., podem ter o pericarpo mastigado enquanto que as sementes são ingeridas inteiras (Goulding 1980). O mesmo pode ocorrer para frutos maiores de pericarpo muito rígido, como, por exemplo, os frutos da palmeira *Astrocaryum jauari* (Piedade *et al.* 2006).

Quando engolidas intactas, as sementes podem ser dispersas ainda viáveis em locais à montante de onde foram ingeridas, o que não seria possível via dispersão hidrocórica. Outro fator a ser considerado é a presunção de que a passagem pelo trato digestório de espécies de peixes pode aumentar a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes (van der Pijl 1972). Para algumas espécies de plantas, a ingestão de sementes por peixes pode não ter nenhum efeito sobre a germinação (Horn 1997); para outras, contudo, a passagem pelo trato digestório pode aumentar a probabilidade de germinação (Agami e Waisel 1988; Piedade *et al.* 2006; Pollux *et al.* 2006; Anderson *et al.* 2009). De modo geral, informações sobre a probabilidade de ingestão, o tempo de retenção no trato digestório, a sobrevivência, a taxa de germinação e a distância de dispersão das sementes muitas vezes só podem ser quantificadas e

avaliadas por meio de ensaios experimentais, embora fatores adicionais também devam ser considerados (Schupp 1993; Pollux 2010).

A investigação dos aspectos funcionais da ictiocoria é um processo complexo, que envolve variações intra- e interespecíficas, bem como características químicas e morfológicas das espécies de plantas e peixes. Essas informações servem de base para o entendimento do papel ecológico desempenhado pela biota aquática que utiliza as florestas alagáveis como habitat e fonte de recursos alimentares, e enfatizam a importância da manutenção da integridade dos sistemas de rios e suas planícies alagáveis que compõem a bacia Amazônica. Desse modo, este trabalho buscou compreender as interações de peixes e plantas em uma floresta de várzea na Amazônia Central brasileira. O estudo foi conduzido por meio de uma análise comparativa da viabilidade de sementes retiradas do trato digestório dos peixes e daquelas obtidas diretamente das plantas-mãe na natureza, com o objetivo de compreender o papel da ictiocoria na dinâmica de populações de plantas nas várzeas amazônicas.

O presente estudo foi dividido em dois capítulos. O primeiro é intitulado “Análise da viabilidade de sementes após o consumo por peixes da floresta de várzea do lago Catalão, Amazônia Central”, e teve como objetivo verificar o consumo e a viabilidade de sementes encontradas no trato digestório de peixes em uma área de floresta de várzea. O segundo capítulo é intitulado “Germinação de sementes de imbaúba *Cecropia* spp. e sardinheira *Laetia corymbulosa* Spruce ex Benth retiradas do trato digestório de três espécies de sardinha (Characidae: *Triportheus*) no lago Catalão, Amazônia Central”. Esse capítulo teve como objetivo comparar os parâmetros germinativos de porcentagem, velocidade e tempo médio de germinação de sementes das duas espécies vegetais oriundas diretamente das plantas-mãe na natureza, com aquelas obtidas do trato digestório de três espécies de peixes: *Triportheus albus*, *Triportheus angulatus* e *Triportheus auritus*.

Objetivos

Objetivo geral

Avaliar o papel da ictiocoria na dispersão de sementes em uma área de várzea na Amazônia Central brasileira, por meio da análise comparativa da viabilidade de sementes retiradas do trato digestório de peixes e daquelas obtidas diretamente das plantas-mãe na natureza.

Objetivos específicos

- Verificar o consumo de sementes por peixes em uma área de várzea da Amazônia Central.
- Determinar a viabilidade de sementes retiradas do estômago e do intestino de peixes.
- Comparar a porcentagem, velocidade e tempo médio de germinação de sementes das espécies vegetais *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa* oriundas diretamente das plantas-mãe e daquelas obtidas do trato digestório de três espécies de peixes, *Triportheus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus*.

Área de Estudo

O estudo foi realizado no lago Catalão, situado no município de Iranduba, próximo à cidade de Manaus, Amazonas ($03^{\circ}10'04''$ S e $59^{\circ}54'45''$ W), na Amazônia Central brasileira. O lago cobre uma área de aproximadamente 20 km^2 e está localizado na confluência dos rios Negro e Solimões (Figura 1). Embora receba águas dos dois rios, sua físico-química é influenciada principalmente pelas águas do rio Solimões, com características típicas de várzea e águas predominantemente brancas (Brito *et al.* 2014).

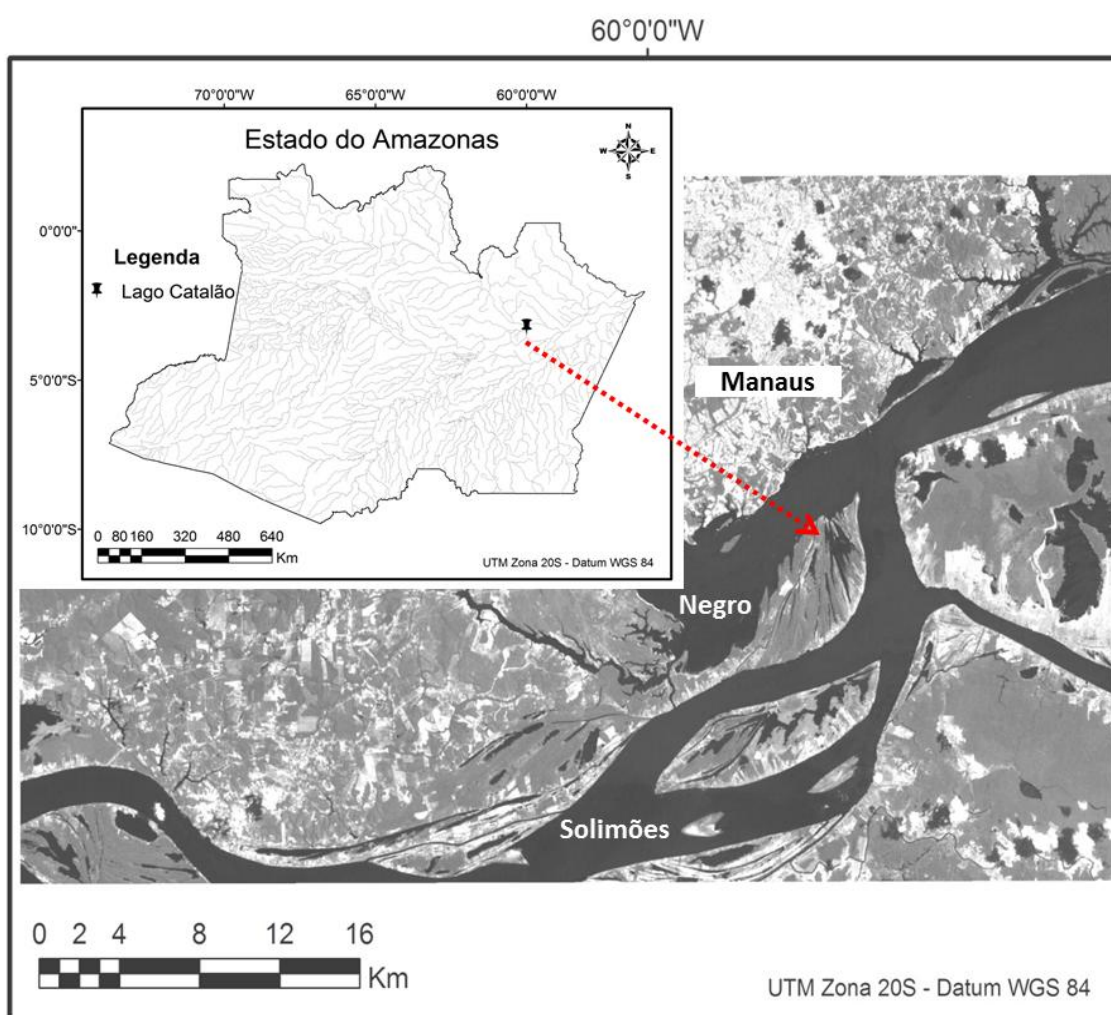


Figura 1. Localização do lago Catalão, na confluência dos rios Negro e Solimões, no município de Iranduba, Amazonas. Figura elaborada por: Resende, A.F.

A área do Catalão, como outras áreas de várzea, apresenta processos recentes de sedimentação devido à sua formação geológica, que data de um período posterior ao Pleistoceno (Sioli 1984). O Catalão é formado por uma série de pequenos canais, e,

apesar da denominação de lago, não pode ser considerado um lago verdadeiro. Entretanto, na Amazônia essa terminologia é comumente empregada para corpos de água de áreas alagáveis, por esse motivo, o ambiente será tratado como lago Catalão. Durante a fase terrestre os canais que compõe o lago Catalão podem secar temporariamente ou tornar-se isolados até que ocorra a nova subida das águas no ciclo hidrológico subsequente (Vale 2003). Devido à sua topografia plana, característica das planícies de inundação, durante o período de enchente os furos e canais associados coalescem, promovendo grande circulação de água e conectividade com a floresta alagável (Figura 2).



Figura 2. (A) Floresta de várzea na margem do rio Solimões, (B) Interior da floresta de várzea conectada pelas águas durante o período de inundação do lago Catalão, município de Iranduba, Amazonas (Amazônia Central). Fotos: Bianca Weiss.

A precipitação média anual na área da cidade de Manaus é de 2.145 milímetros (Climate, 2015) com o pico da inundação dos grandes rios ocorrendo algumas semanas após o pico da precipitação (Junk e Furch 1993).

Na área do lago Catalão, o ciclo hidrológico é caracterizado por um período de enchente entre os meses de janeiro a abril, de cheia entre maio e julho, de vazante nos meses de agosto a setembro, e de seca entre outubro e dezembro (Bittencourt e Amadio 2007). Nas florestas alagáveis de várzea alta a inundação pode ocorrer durante cerca de 50 dias, com uma amplitude da coluna de água de até 3 metros; na várzea baixa, característica das áreas do entorno do Catalão, a inundação dura mais de 50 dias, com máximo de 230 dias e coluna de água com até 7,5 metros (Junk 1989; Junk *et al.* 2011; Wittmann *et al.* 2002).

Referências Bibliográficas

- Adams, S.B.; Hamel, P.B.; Connor, K.; Burke, B.; Gardiner, E.S. & Wise, D. 2007. Potential roles of fish, birds, and water in swamp privet (*Forestiera acuminata*) seed dispersal. *Southeastern Naturalist*, 6: 669–682.
- Agami, M.; Waisel, Y. 1988. The role of fish in distribution and germination of seeds of the sub-merged macrophytes *Najas marina* L. and *Ruppia maritima* L. *Oecologia*, 76, 83–88.
- Anderson, J.T.; Saldaña Rojas, J.; Flecker, A.S. 2009. High-quality seed dispersal by fruit-eating fishes in Amazonian floodplain habitats. *Oecologia*, 161: 279-290
- Anderson, J.T.; Nuttle, T.; Saldaña Rojas, J.S.; Pendergast, T.H.; Flecker, A.S. 2011. Extremely long-distance seed dispersal by an overfished Amazonian frugivore. *The Royal Society (Proc. R. Soc. B.)*.
- Araujo-Lima, C.; Goulding, M. 1998. *Os frutos do tambaqui: Ecologia, Conservação e Cultivo na Amazônia*. Brasília: MCT-CNPq. 186pp.
- Ayres, J.M.; Lima-Ayres, D.M.; Albernaz, A.; Alves, A.; Moura, E.; Queiroz, H.L.; Santos, P.; Barthem, R.B.; Silveira, R. 1996. Mamirauá: um novo modelo de estação ecológica. *Ciência Hoje*, 20 (118): 24-33.
- Bittencourt, M.M.; Amadio, S.A. 2007. Proposta para identificação rápida dos períodos hidrológicos em áreas de várzea do Rio Solimões-Amazonas nas proximidades de Manaus. *Acta Amazonica*, 37: 307-312.
- Brito, J.G.; Alves, L.F.; Espírito Santo, E.M.V. 2014. Seasonal and spatial variations in limnological conditions of a floodplain lake (Lake Catalão) connected to both the Solimões and Negro Rivers, Central Amazonia. *Acta Amazonica*, v. 44 (1) 2014: 121-134.

Claro-Jr, L.; Ferreira, E.; Zuanon, J.; Araujo-Lima, C. 2004. O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*, v. 34 (1): 133 – 137.

Climate, 2015. (<http://pt.climate-data.org/location/1882/>). Acesso: 20/04/2015.

Correa, S.B.; Winemiller, K.O.; Lopez-Fernandez, H. & Galetti, M. 2007. Evolutionary perspectives on seed consumption and dispersal by fishes. *BioScience*, 57, 748-756.

Correa, S.B.; Costa-Pereira, R.; Fleming, T.; Goulding, M.; Anderson, J.T. 2015. Neotropical fish–fruit interactions: eco-evolutionary dynamics and conservation. *Biological Reviews*, 000–000.

Ferreira, L.V.; Almeida, S.S.; Parolin, P. 2010. Amazonian white- and black-water floodplain forests in Brazil: large differences on a small scale. *Ecotropica*, 16: 31-41.

Galetti, M.; Donatti, C.I.; Pizo, M.A.; Giacomini, H.C. 2008. Big Fish are the Best: Seed Dispersal of *Bactris glaucescens* by the Pacu Fish (*Piaractus mesopotamicus*) in the Pantanal, Brazil. *Biotropica*, 40(3): 386–389.

Gannam, A.L. 2008. Feeding activity in Teleost fish: Influence of biotic and abiotic factors. In: Cyrino, J.E.P; Bureau, D.P.; Kapoor, B.G. (Eds): *Feeding and digestive functions of fishes*. Science Publishers.India. Cap.4.p. 85. 575 pp.

Ger Boedeltje; Bakker, Jan P., Brinke, A.T.; van Groenendael, Jan M.; Soesbergen M. 2004. Dispersal Phenology of Hydrochorous Plants in Relation to Discharge, Seed Release Time and Buoyancy of Seeds: The Flood Pulse Concept Supported. *Journal of Ecology*, v. 92, No. 5. p. 786-796.

Gerking, S.D. 1994. *Feeding ecology of fish*. Academic press.EUA. 415 pp.

Goulding, M. 1980. *The fishes and the forest. Explorations in Amazonian natural history*. University of California Press, Berkeley, CA, USA. 280pp.

Goulding, M. 1983. Amazonian Fisheries. In: E. Moran (Eds.) *The Dilemma of Amazonian Development*. Colorado: *Westview Press*, pp. 189–210.

Goulding, M.; Carvalho, M.L.; Ferreira, E.G. 1988. *Rio Negro: Rich life in poor water*. The Hague: SPB Academic Publishing. The Netherlands. 200pp

Gottsberger, G. 1978. Seed dispersal by fish in the inundated regions of Humaitá, Amazonia. *Biotropica*, 10 (3):170-183.

Herrera, C.M. 2002. Seed dispersal by vertebrates In: *Plant-Animal Interactions An Evolutionary Approach*. Nashville, USA. *Blackwell Science*, Cap. 7 p. 185-208.

Horn, M.H. 1997. Evidence for dispersal of fig seeds by the fruit-eating characid fish *Brycon guatemalensis* Regan in a Costa Rican tropical rain forest. *Oecologia*, 109: 259-264.

Horn, M.H.; Correa, S.B; Parolin, P.; Pollux, B.J.A.; Anderson, J.T.; Lucas, C.; Widmann, P.; Tjiu, A.; Galetti, M.; Goulding, M. 2011. Seed dispersal by fishes in tropical and temperate fresh waters: The growing evidence. *Acta oecologia*, 1-17.

Howe, H.F.; Miriti, M.N. 2004. When seed dispersal matters. *Bioscience*, 54: 651-660.

Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems . In: Dodge, D.P. (Eds). *Proceedings of the International Large River Symposium*. Can. Spec. Publ. *Fish. Aquat. Sc.*, p.110-127.

Junk, W.J.; Piedade, M. T. F. 1993. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: species diversity and adaptations to the flood pulse. *Amazoniana*, 12:467-484.

Junk, W.J.; Furch, K. 1993. A general review of tropical South American floodplains. *Wetlands Ecology and Management*, v. 2, nº4, p. 231-238.

Junk, W.J. 2010. The Role of Floodplain Forests in an Integrated Sustainable Management Concept of the Natural Resources of the Central Amazonian Várzea. In:

Junk, W.J.; Wittmann, F.; Parolin, P.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J. (Eds): *Amazonian Floodplain Forests Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science. Cap. 23. p. 486-507.

Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J.; Cohn-Haft, M.; Adeney, M.J.; Wittmann, F. 2011. A Classification of Major Naturally-Occurring Amazonian Lowland Wetlands. *Wetlands*, 31: 623-640.

Kubitzki, K.; Ziburski, A. 1994. Seed Dispersal in Flood Plain Forests of Amazonia. *Biotropica*, v. 26, No. 1, p. 30-43.

Maia, L.A.; Chalco, F.P. 2002. Produção de frutos de espécies da floresta de várzea da Amazônia Central importantes na alimentação de peixes. *Acta Amazonica*, 32 (1): 45-54.

Mannheimer, S.G.; Bevilacqua, E.; Caramaschi, E.P.; Scarano, F.R. 2003. Evidence for seed dispersal by the catfish *Auchenipterichthys longimanus* in an Amazonian lake. *J. Tropical Ecology*, 19: 215-218.

Melack, J.M.; Hess, L.L. 2010. Remote Sensing of the Distribution and Extent of Wetlands in the Amazon Basin In: Junk, W.J.; Wittmann, F.; Parolin, P.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J. (Eds): *Amazonian Floodplain Forests Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science. Cap. 3. p. 44-58.

Melo, R. B. ; Franco, A. C. ; Silva, C. O. ; Piedade, M. T. F. ; Ferreira, C. S. 2015. Seed germination and seedling development in response to submergence in tree species of the Central Amazonian floodplains. *AOB Plants*, p. 1.

Oliveira-Wittmann, A.; Lopes, A.; Conserva, A.S.; Wittmann, F.; Piedade, M.T.F. 2010. Seed Germination and Seedling Establishment of Amazonian Floodplain Trees. (Eds): *Amazonian Floodplain Forests Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science. Cap. 13. p.259-279.

Paul Ericson. 1979. Seed dispersal by fish (ichthyochory) and seed plant evolution. Boulder, Colorado, USA. p. 1-10.

Parolin, P.; Lucas, C.; Piedade, M.T.F.; Wittmann, F. 2010. Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. *Ann. Bot.* (105) p.129-139.

Piedade, M.T.F.; Parolin, P.; Junk, W.J. 2003. Estratégias de dispersão, produção de frutos e extrativismo da palmeira *Astrocaryum jauari* Mart. Nos igapós do rio Negro: implicações para a ictiofauna. *Ecología Aplicada*, 2(1): 32-40.

Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; Adis, J.; Parolin, P. 2005. Ecologia, zonação e colonização da vegetação arbóreas das ilhas Anavilhanas. *Pesquisas, Botânica*, nº 56: p. 117-144.

Pilati, R.; Andrian, I.F.; Carneiro, J.W.P. 1999. Desempenho germinativo de sementes de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae), recuperadas do trato digestório de Doradidae, *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1833), da planície de inundação do alto Paraná. *Interciência*, v. 24. nº 6.

Pizango-Paima, E.G. 2001. Composição corporal e alimentar do matrinxã, *Brycon cephalus* (Gunther, 1869) na Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 31 (3): 509-520.

Pollux, B.J.A.; Jong, M.; Steegh, A.; Ouborg, N.J.; Van Groenendael, J.M.; Klaassen, M. 2006. The effect of seed morphology on the potential dispersal of aquatic macrophytes by the common carp (*Cyprinus carpio*). *Freshwater Biology*, 51: 2063-2071.

Pollux, B.J.A. 2010. The experimental study of seed dispersal by fish (ichthyochory). *Freshwater Biology*, 56: 197-212.

Queiroz, L.J.; Torrente-Vilara, G.; Ohara, W.M.; Pires, T.H.; Zuanon, J.; Doria, C.R.C. 2013. Peixes do rio madeira. (Eds) Dialeto Latin American Documentary. São Paulo, Brasil. Vol. I Cap. 1. 399 pp.

Ridley, H.N. 1930. *The Dispersal of Plants Throughout the World*. Reeve & Co., Ltd, Ashford, Kent. 744 pp.

Scarano, F.R. 1998. A comparison of dispersal, germination and establishment of woody plants subjected to distinct flooding regimes in Brazilian flood-prone forests and estuarine vegetation. In: Scarano, F. R. & Franco, A.C. (Eds). *Ecophysiological strategies of xerophytic and amphibious plants in the neotropics*. Series *Oecologia Brasiliensis*, v. IV PPGE-UFRJ. Rio de Janeiro. p. 177-193.

Schöngart, J.; Piedade, M.T.F.; Ludwigshausen, S.; Horna, V.; Worbes, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of Tropical Ecology*, 18: 581-597.

Schupp, E.W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio*, 107/108, 13-29.

Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. (Eds): H. Sioli. *The Amazon: limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin*pp. Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, The Netherlands. Cap 5. p. 127-165.

Souza-Stevaux, M.C; Negrelle, R.R.B.; Citadini-Zanette, V. 1994. Seed dispersal by the fish *Pterodoras granulosus* in the Paraná River Basin, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 10, p. 621-626.

Traveset, A. 1998. Effect of seed passage through vertebrate frugivores's guts on germination: a review. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, v. 1/2, p. 151-190.

Vale, J.D. 2003. Composição, diversidade e abundância da Ictiofauna na área do Catalão Amazônia Central. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM. Manaus. 80p.

Van der Pijl. 1972. Ecological dispersal classes, established on the basis of the dispersing agents. (Eds) *Principles of Dispersal in Higher Plants*, Ed 2. Springer-Verlag, Berlin. Cap.V. 215pp.

Wittmann, F.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 2004. The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamics geomorphology interact with natural forest succession. *Ensevier*, 196: 199-212.

Wittmann, F.; Schöngart, J.; Montero, J.C.; Motzer, T.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Queiroz, H.L.; Worbes, M. 2006. Tree species composition and diversity gradients in white water forests across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, v. 33, n. 8, p. 1334-1347.

Wittmann, F.; Schöngart, J.; Junk, W.J. 2010. Phytogeography, species diversity, community structure and dynamics of central Amazonian floodplain forests. In: Junk WJ, Piedade MTF, Wittmann F, Schöngart J, Parolin P (Eds) *Central Amazonian Floodplain Forests: Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Ecological Studies, *Springer Verlag*, Dordrecht-Heidelberg-London-New York, 210: 61–102.

Ziburski, A. 1990. Ausbreitungsund Reproduktionsbiologie einiger Baumarten der amazonischen Überschwemmungswälder. Unpublished Ph.D. Thesis, University Hamburg.

Weiss, B.A.; Piedade, M.T.F. e Zuanon, J.
Análise da viabilidade de sementes após o
consumo por peixes na floresta de várzea no
lago Catalão, Amazônia Central.

Resumo

Áreas sazonalmente alagadas por águas brancas e férteis na Bacia Amazônica brasileira, denominadas de várzeas, abrigam uma variedade de espécies arbóreas que frutificam durante a enchente/cheia e início da vazante. Nessas fases de inundação muitas espécies de peixes recorrem às florestas alagáveis em busca de refúgio e alimento. Utilizando o lago Catalão, na confluência dos rios Solimões e Negro, como área focal de estudo, o objetivo deste trabalho foi analisar a viabilidade de sementes retiradas inteiras do estômago e do intestino de peixes, coletados entre janeiro e agosto de 2014. Para a captura dos peixes foram utilizadas baterias de malhadeiras variando de 24 a 120 mm entre nós opostos, mantidas durante turnos diários junto à floresta alagável. 1915 peixes pertencentes a seis ordens, 22 famílias, 78 gêneros e 136 espécies foram capturados. 148 exemplares (8% do total capturado), das espécies *Ageneiosus dentatus*, *Auchenipterus nuchalis*, *Brycon amazonicus*, *B. melanopterus*, *Calophysus macropterus*, *Chalceus erythrurus*, *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus*, *Pterodoras granulosus*, *Pimelodus blochii*, *Trachelyopterus galeatus*, *Triportheus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus*, consumiram sementes pertencentes a 15 famílias e 18 espécies vegetais. As sementes intactas foram semeadas em solo de várzea e mantidas em casa de vegetação com o objetivo de verificar a sua viabilidade (germinação). Quanto à germinação das 18 espécies vegetais identificadas, duas espécies não germinaram (*Bactris riparia* e *Senna alata*), cinco apresentaram porcentagem de germinação abaixo de 50% (*Crataeva benthamii*, *Macrolobium* sp., *Tococa cordata* e *Laetia corymbulosa*), e as 11 espécies restantes obtiveram germinação igual ou superior a 50% (*Cecropia* spp., *Doliocarpus* sp., *Lophantera longifolia*, *Allophyllus amazonicus*, *Alchornea discolor*, *Endlicheria anomala*, *Vitex cymosa*, *Ficus insipida*, *Psychotria ernestii*, *Ficus trigona* e *Cissampelos andromorpha*). Dentre os peixes encontrados com sementes viáveis no trato digestório encontram-se espécies migratórias, as quais são potencialmente dispersoras de sementes e podem ter um papel relevante na ecologia das florestas de várzea. O transporte de sementes por meio de peixes pode ser especialmente importante na dispersão de espécies vegetais à montante do local de origem, tanto para colonização de novas áreas de várzea, como para a manutenção de fluxo gênico entre subpopulações distribuídas ao longo dos rios.

Palavras chave: Frugivoria, germinação de sementes, várzea amazônica.

Abstract

Areas that are seasonally flooded by fertile white water in the Brazilian Amazon Basin, also known as “várzeas”, house a large variety of tree species that fruit during flood season and the beginning of river receding. During the flooding phase, many species of fish resort to flooded forests in search of refuge and feeding sources. Taking the Catalão Lake, located in the confluence of the Solimões and Negro river, as our main study site, the purpose of this research is to analyze the viability of whole seeds retrieved from fish stomach and intestines, collected between January and August of 2014. Fish capture was executed using nets that varied between 24 and 120 mm opposite knots, kept during daytime along the flooded forest. 1915 fishes belonging to 6 orders, 22 families, 78 genus and 136 species were captured. 148 individuals (8% of total captured), from 14 species (*Ageneiosus dentatus*, *Auchenipterus nuchalis*, *Brycon amazonicus*, *B. melanopterus*, *Calophysus macropterus*, *Chalceus erythrurus*, *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachipomus*, *Pterodoras granulosus*, *Pimelodus blochii*, *Trachelyopterus galeatus*, *Triportheus albus*, *T. angulatus* and *T. auritus*), consumed seeds belonging to 15 families and 18 plant species. Intact seeds were planted in sampled “várzea” soils and kept in a greenhouse with the goal to verify their germination viability. Regarding the germination of those 18 identified plant species, 2 did not germinate (*Bactris riparia* e *Senna alata*), 5 showed percentage of germination success under 50% (*Crataeva benthamii*, *Macrolobium* sp. *Tococa cordata* and *Laetia corymbulosa*), and the 11 remanescent species had germination success over or equal to 50% (*Cecropia* spp., *Doliocarpus* sp., *Lophantera longifolia*, *Allophyllus amazonicus*, *Alchornea discolor*, *Endlicheria anomala*, *Vitex cymosa*, *Ficus insipida*, *Psychotria ernestii*, *Ficus trigona* and *Cissampelos andromorpha*). Among the fish found, with viable seeds inside their intestines, there was evidence of migratory species, which are potential seed dispersers and can have a crucial role in the ecology of “várzea” forests. Seed transport through fish can be especially important for the dispersal of plant species construction of its location of origin, not only for new “várzea” colonization, but also to maintain the subpopulations gene flow distributed throughout the rivers.

Keywords: Frugivory, seed germination, amazon “várzea”.

Introdução

As sementes são responsáveis pelo sucesso da propagação das espécies vegetais no tempo e no espaço. No entanto, o estabelecimento das plântulas envolve não só características morfológicas e químicas dos frutos e sementes, como uma série de eventos específicos determinados por fatores ambientais (Harper 1977). A dispersão de sementes em habitats, por meio de diferentes vetores de propagação, admite que estes mecanismos, aliados às condições físicas locais, atuam na seleção de espécies com determinadas estratégias de dispersão (Howe e Smallwood 1982). De modo geral, o processo de dispersão de sementes para longe da planta mãe é importante, pois reduz a competição intraespecífica e aumenta as chances de estabelecimento em novas áreas abertas à colonização por essas espécies (Janzen 1971; Willson e Traveset 2000).

Durante o período sazonal de cheia dos grandes rios amazônicos, as áreas alagáveis por rios de águas barrentas e produtivas, conhecidas como várzeas, tornam-se um mosaico de canais interligados entre as águas e a floresta (Junk e Piedade 2010). Nesses ambientes, o período de frutificação de espécies arbóreas está intimamente relacionado com o aumento do nível das águas (Kubitzki e Ziburski 1994; Waldhoff *et al.* 1996, 2002; Schöngart *et al.* 2002; Ferreira *et al.* 2010), onde um dos mecanismos de dispersão que faz o papel de condutor de diásporos é a ictiocoria.

Os peixes, durante a fase de enchente e cheia dos grandes rios, se direcionam para a floresta alagável em busca de locais de refúgio, berçário e, principalmente, recursos alimentares (Goulding 1980; Goulding *et al.* 1988). Algumas espécies da família Characidae, por exemplo, acumulam grande quantidade de gordura durante as águas altas, pois na fase seguinte não terão acesso à abundância de alimentos de origem terrestre que caem na água, como frutos, sementes, insetos e outros (Goulding 1980; Junk *et al.* 1997). Esse tipo de associação entre peixes e a floresta alagável, e principalmente o uso dos propágulos como fonte de alimento por peixes, tornou-se objeto de estudo mais aprofundado envolvendo o papel de recursos alóctones (produzidos nas áreas de várzea e igapó) e o papel dos peixes como dispersores de sementes (Gottsberger 1978; Goulding 1980).

O conjunto de informações disponíveis sobre a interação entre peixes e plantas se restringe a um número reduzido de espécies, em contraste com a enorme diversidade e riqueza de plantas e peixes que essas áreas abrigam. Além disso, em decorrência do

reconhecimento do potencial das áreas de várzea, as populações humanas residentes nestes ambientes foram capazes de ajustar suas estratégias de uso e gestão dos recursos naturais entre os ciclos de cheia e vazante (Junk *et al.* 2010). As múltiplas formas de uso de recursos madeireiros, pesqueiros, entre outros e o intensificado aumento demográfico regional, têm levado à redução das áreas de florestas alagáveis, gerando impactos negativos sobre a fauna e a flora da região (Junk 1982; Junk *et al.* 2000). Desse modo, a compreensão da dinâmica de dispersão das sementes em áreas alagáveis pode ajudar a esclarecer os processos de colonização das espécies vegetais em novos ambientes, como o processo de regeneração de áreas alteradas ou a colonização de áreas de várzea recém-formadas. Embora a ictiocoria seja apontada como um dos vetores de grande relevância na dispersão de sementes em áreas alagáveis amazônicas, o conhecimento sobre a interação entre peixes e a vegetação nesses ambientes ainda é modesto. Assim, a hipótese levantada nesse estudo é que os peixes podem ser dispersores potenciais de uma variedade de espécies de plantas, ao transportarem sementes ainda viáveis após a passagem pelo seu trato digestório. Para responder esta questão, o estudo verificou o consumo de sementes de plantas lenhosas de uma floresta de várzea da Amazônia Central brasileira pela comunidade de peixes, e analisou, por meio de um experimento de semeadura, a viabilidade de sementes retiradas do trato digestório de peixes.

Material e Métodos

1. Captura de peixes e sementes

Os exemplares de peixes foram capturados na área de estudo já descrita. Para detalhes sobre as características da área de estudo, vide sessão **Área de Estudo** localizada na apresentação da dissertação. As capturas dos exemplares de peixes ocorreram durante 8 meses (janeiro a agosto) do ano 2014, na área do Lago Catalão, na confluência dos rios Solimões e Negro (03°10'04" S e 59°54'45" W). Em um período de quatro dias a cada mês, foi mantida uma bateria de nove malhadeiras composta por redes de 40 a 120 mm entre nós opostos (cada rede com 10 m de comprimento e altura entre 1,5 a 3,5 m), armada dentro da floresta alagável e próxima a árvores que estavam em fase de queda dos frutos. As malhadeiras foram vistoriadas três vezes ao dia, em

intervalos de seis horas e trocadas de local a cada 24 horas. Adicionalmente, foram obtidos exemplares de peixes coletados no âmbito dos projetos: “Estrutura e Dinâmica do Ecótono Catalão” e “Composição e estrutura trófica das assembléias de peixes em área de várzea na Amazônia Central”, desenvolvidos por pesquisadores do INPA na área do Catalão. Nesses casos, os peixes também foram capturados com uso de uma bateria de nove malhadeiras (malhas de 24 a 100 mm, e dimensões semelhantes às descritas anteriormente), mantida junto à floresta alagável durante 24 horas a cada mês (vistoriadas três vezes ao dia, em intervalos de seis horas).

Todos os exemplares capturados foram mortos por redução metabólica em gelo; após a identificação taxonômica, com o auxílio de chaves de identificação e de taxônomos, os peixes tiveram o estômago e o intestino removidos para a identificação das sementes, que foi realizada com o uso de guias botânicos e o auxílio de botânicos e parobotânicos do INPA. Após a identificação as sementes foram contabilizadas e separadas por local de origem (espécie de peixe e estômago ou intestino).

2. Semeadura

Após a identificação as sementes foram lavadas em água corrente com o objetivo de eliminar o excesso do material digerido e os ácidos digestórios. Frutos encontrados ainda com polpa foram cuidadosamente despulpados antes da semeadura.

O experimento de viabilidade das sementes (germinação) foi mantido na casa de vegetação do grupo de Ecologia, Monitoramento e Uso Sustentável de Áreas Úmidas (MAUA/INPA) sob condições de temperatura, luz e umidade relativa ambiente, e rega diária. As sementes foram colocadas em sementeiras individuais contendo solo de várzea da área de estudo. A rega foi feita utilizando água de poço artesiano. O critério estabelecido para a germinação de sementes de todas as espécies de plantas foi a observação da protrusão da radícula do embrião, através de monitoramento diário. Para todas as espécies a semeadura ocorreu entre 24h e 72h após a sua retirada do trato digestório dos peixes. Para o gênero *Cecropia* devido ao curto período para germinação (Parolin 2002), as sementes foram acompanhadas durante 30 dias. Para as demais espécies o acompanhamento foi realizado no decorrer de 210 dias.

3. Análise de dados

A análise da frequência de ocorrência (FO%) de espécies vegetais presentes na dieta dos peixes foi calculada através da fórmula (Hyslop 1980), onde:

$$FO\% = (N_i/N_{est}) * 100$$

FO% = frequência de ocorrência do item i;

N_i = número de tratos digestórios (estômago e/ou intestino) onde o item i estava presente;

N_{est} = número total de tratos digestórios (estômago e/ou intestino) com alimento.

A porcentagem de germinação (PG) das sementes foi calculada por meio da fórmula de Ferreira e Borgetti (2004), onde:

$$PG = (SG * 100) / AM$$

PG = porcentagem de germinação;

SG = número de sementes germinadas;

AM = total de sementes da amostra.

Resultados

Foram capturados 1.915 exemplares de peixes, distribuídos em seis ordens, 22 famílias, 78 gêneros e 136 espécies. O maior número de espécies pertenceu a ordem Characiformes, com 69 espécies (51%), seguida por Siluriformes, com 30 espécies (28%). Foram encontradas sementes inteiras em 148 (8%) exemplares de peixes pertencentes a 14 espécies, duas ordens e cinco famílias. Sementes mastigadas foram encontradas no trato digestório de exemplares de tambaqui *Colossoma macropomum* (Serrasalminidae) (n=5) e arari *Chalceus erythrurus* (Alestidae) (n=2).

A Tabela 1 apresenta a lista das espécies de peixes que consumiram sementes, incluindo o total de exemplares capturados por espécie, o número de exemplares encontrados com alimento no trato digestório (estômago e/ou intestino), e destes, aqueles que continham sementes. A sardinha-rabo-de-fogo *Triportheus albus* (Characidae) foi a espécie mais abundante nas amostras e também a que apresentou o maior número de exemplares consumindo sementes.

Tabela 1. Espécies de peixes capturados que consumiram sementes; comprimento padrão médio (CP; mm); total de exemplares capturados (Total; n), número e porcentagem de peixes capturados com alimento no trato digestório (estômago e/ou intestino); número e porcentagem de exemplares de peixes encontrados com sementes.

Ordem	Família	Espécie de peixe	Nome comum	CP (mm)	Total (n)	Com alimento (%)	Com semente (%)
Characiformes	Alestidae	<i>Chalceus erythrurus</i>	Arari	203	8	8 (100)	3 (37)
	Characidae	<i>Brycon amazonicus</i>	Matrinxã	230	25	20 (80)	16 (80)
		<i>Brycon melanopterus</i>	Matrinxã	220	11	11 (100)	4 (36)
		<i>Triportheus albus</i>	Sardinha rabo-de-fogo	126	230	199 (86)	33 (16)
		<i>Triportheus angulatus</i>	Sardinha papuda	139	47	40 (85)	15 (37)
		<i>Triportheus auritus</i>	Sardinha comprida	145	110	74 (67)	27 (36)
	Serrasalmididae	<i>Colossoma macropomum</i>	Tambaqui	155	62	50 (81)	19 (38)
<i>Piaractus brachypomus</i>		Pirapitinga	116	4	4 (100)	4 (100)	
Siluriformes	Auchenipteridae	<i>Ageneiosus dentatus</i>	Mandubé	199	28	12 (43)	1 (8)
		<i>Auchenipterus nuchalis</i>	Mandubé	167	15	9 (60)	1 (11)
	<i>Trachelyopterus galeatus</i>	Cangati	143	20	14 (70)	5 (36)	
	Doradiade	<i>Pterodoras granulosus</i>	Bacu	197	13	13 (100)	7 (54)
	Pimelodidae	<i>Calophysus macropterus</i>	Piracatinga	263	3	3 (100)	1 (33)
		<i>Pimelodus blochii</i>	Mandi	137	45	39 (87)	12 (31)
Total					621	496	148

Durante janeiro e fevereiro de 2014 (enchente), muitos exemplares de peixes foram encontrados com o trato digestório contendo uma variedade de itens alimentares; entretanto, o consumo de sementes foi registrado apenas para exemplares do gênero *Triportheus*. As sementes consumidas durante os meses de janeiro e fevereiro pertenciam à família Poaceae (arroz-bravo *Oryza* sp. e capim-membeca *Paspalum repens*) e não foram utilizadas nos testes de germinação. A partir de março, iniciou-se um consumo modesto de sementes de outras espécies vegetais, estendendo-se durante todos os meses subseqüentes, até agosto de 2014. A ausência de dados para algumas espécies de peixes em determinados meses deveu-se ao fato de não ter ocorrido a captura da espécie. Isto foi verificado, por exemplo, para *Piaractus brachypomus*, capturada somente durante os meses de maio e junho (Figura 1). Outro fator que justifica a ausência de dados para determinadas espécies em certos meses foi a captura de exemplares com o trato digestório vazio.

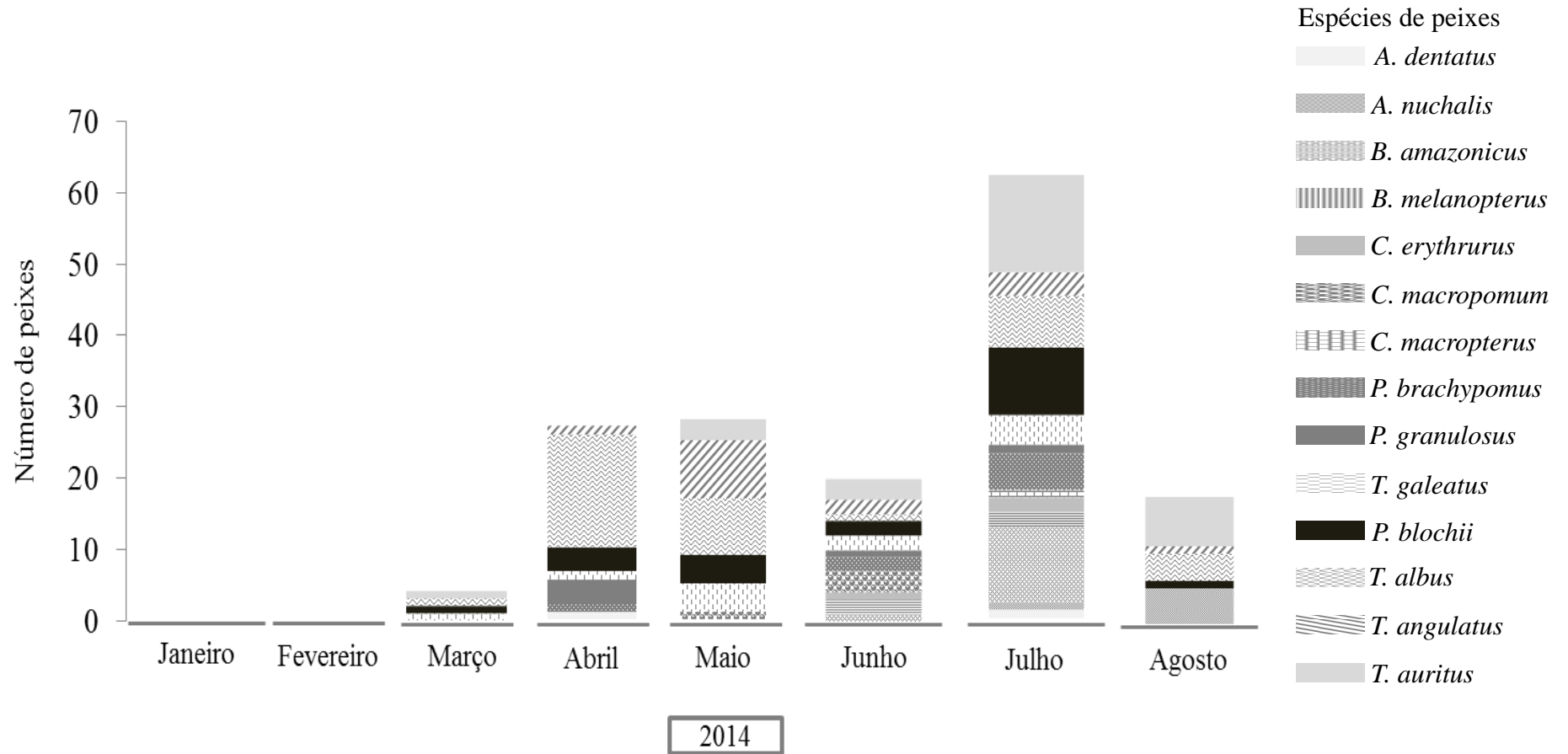


Figura 1. Número de espécies e exemplares de peixes encontrados consumindo sementes ao longo dos meses de coleta.

Foram retiradas do trato digestório 3.092 sementes inteiras pertencentes a 16 famílias botânicas e 18 espécies, sendo 44,7% obtidas do estômago e 55,2% do intestino dos peixes. *Cecropia* spp. (n=1.492) apresentou o maior número de sementes, a maior frequência de ocorrência (FO=28,3%) e, assim como *Laetia corymbulosa*, foi a mais comumente consumida ao longo do período de amostragem de peixes. *Laetia corymbula* (n=259) foi a segunda espécie com a maior frequência de ocorrência (FO=23,4%), embora tenha apresentado número de sementes abaixo daquelas encontradas para *Ficus insipida* (n=893, FO=17,2%) e *Tococa cordata* (n=277, FO=2,1%) (Tabela 2).

Tabela 2. Número total (n) de sementes das espécies vegetais retiradas do trato digestórios (estômago e/ou intestino) dos peixes. Frequência de ocorrência (FO%) referente ao número de vezes que determinada espécie foi encontrada no trato digestório (estômago e/ou intestino) de cada exemplar de peixe e registro dos meses em que as espécies foram consumidas.

Família	Espécie vegetal	Nome comum	Trato digestório		Consumo (meses 2014)						
			(n)	(FO%)	M	A	M	J	J	A	
Arecaceae	<i>Bactris riparia</i> Mart.	Pupunharana	11	2,8							
Brassicaceae	<i>Crataeva benthamii</i> Eichler	Catoré	16	2,1							
Dilleniaceae	<i>Doliocarpus</i> sp.	Cipoé de fogo	3	0,7							
Euphorbiaceae	<i>Alchornea discolor</i> Poepp.	Supiarana	4	2,8							
Fabaceae	<i>Macrolobium</i> sp.	Araparí	14	0,7							
Fabaceae	<i>Senna alata</i> (L.) Roxb.	Mata-pasto	3	0,7							
Lauraceae	<i>Endlicheria anomala</i> (Nees) Mez.	Louro	11	2,1							
	<i>Nectandra amazonum</i> Nees	Louro	7	3,4							
Malpighiaceae	<i>Lophanthera longifolia</i>	--	3	1,4							
Melastomataceae	<i>Tococa cordata</i> Triana	--	277	2,1							
Menispermaceae	<i>Cissampelos andromorpha</i> Dc.	--	2	1,4							
Moraceae	<i>Ficus insipida</i> Willd.	Caxinguba	893	17,2							
	<i>Ficus trigona</i> L. F.	Ápuí	50	0,7							
Rubiaceae	<i>Psychotria ernestii</i> (Kunth)	--	2	0,7							
Salicaceae	<i>Laetia corymbulosa</i> Spruce ex Benth.	Sardinheira	259	23,4							
Sapindaceae	<i>Allophyllus amazonicus</i> (Kunth)	--	38	4,8							
Urticaceae	<i>Cecropia</i> spp.	Imbaúba	1.492	28,3							
Verbenaceae	<i>Vitex cymosa</i> (Mart.) Radlk.	Tarumã	7	4,8							

■ = Mês (s) que a espécie vegetal foi encontrada no trato digestório de peixes.

O maior número de sementes consumidas foi verificado para *Colossoma macropomum*. Entretanto, *Brycon amazonicus* foi responsável pelo maior número de espécies vegetais consumidas. Já exemplares das espécies *Ageneiosus dentatus*, *Auchenipterus nuchalis* e *Calophysus macropterus* apresentaram o menor consumo de sementes e de espécies vegetais em seus tratos digestórios (Figura 2).

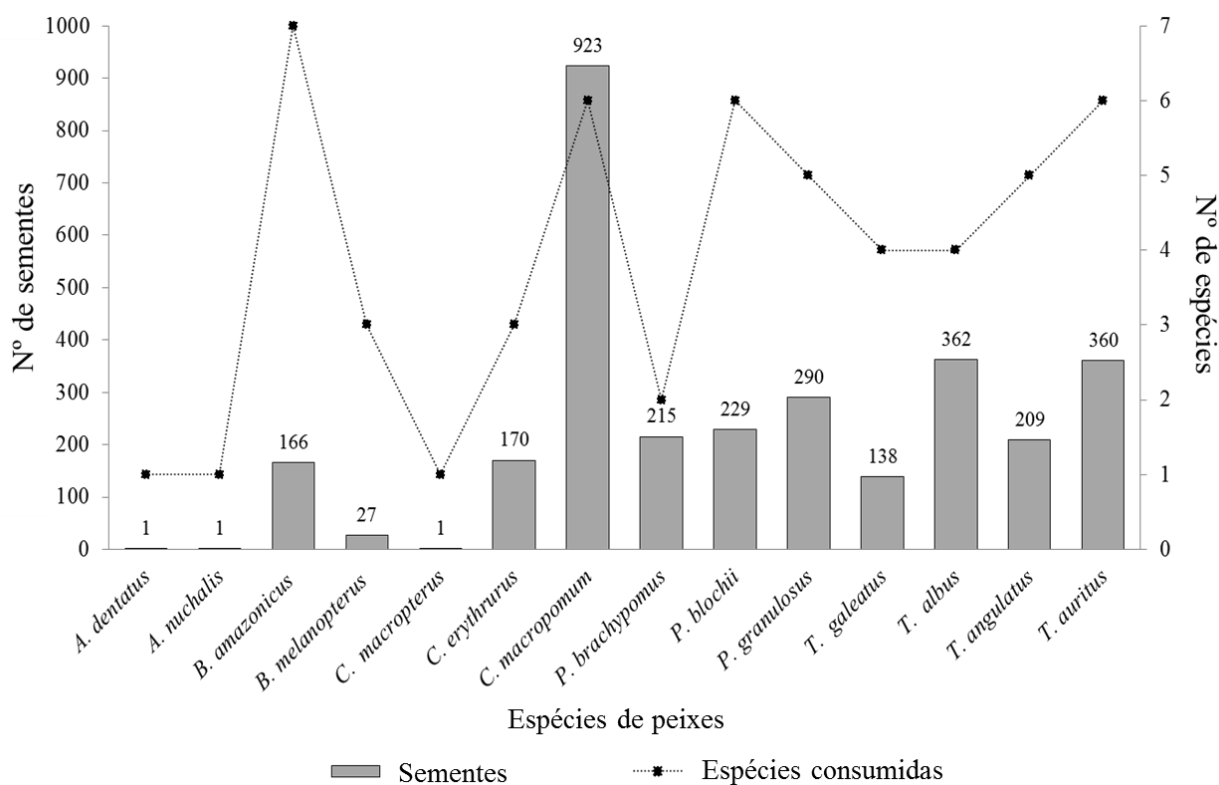


Figura 2. Número de sementes (n=3.092) das 18 espécies vegetais encontradas no trato digestório de 14 espécies de peixes (n=148 exemplares).

Quanto à germinação das 18 espécies vegetais identificadas, 100% das sementes de três espécies germinaram (*Psychotria ernestii*, *Ficus trigona* e *Cissampelos andromorpha*), cinco apresentaram porcentagem de germinação abaixo de 50% (*Crataeva benthamii*, *Macrolobium* sp., *Tococa cordata*, *Nectanda amazonum*, *Laetia corymbulosa*), oito espécies tiveram germinação superior a 50% (*Cecropia* spp., *Doliocarpus* sp., *Lophantera longifolia*, *Allophyllus amazonicus*, *Alchornea discolor*, *Endlicheria anomala*, *Vitex cymosa*, *Ficus insipida*) e somente duas espécies não germinaram (*Bactris riparia* e *Senna alata*) (Figura 3).

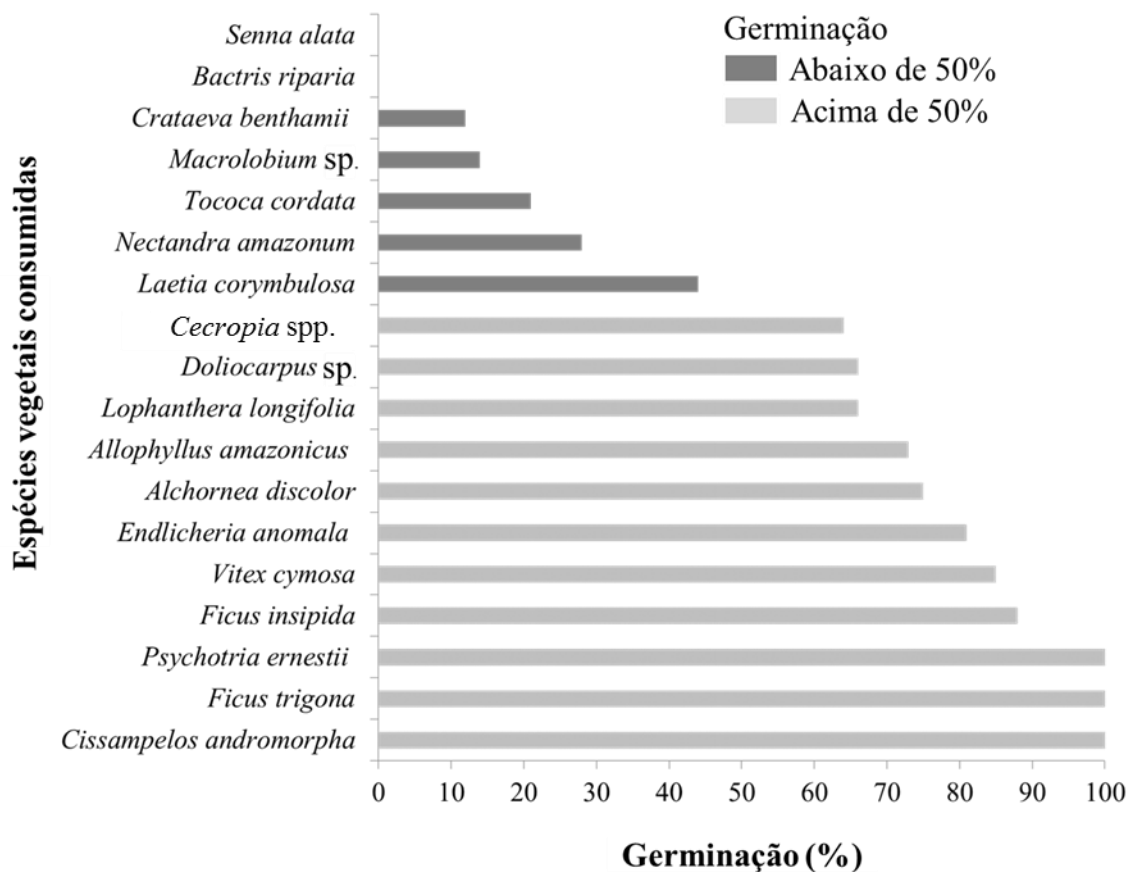


Figura 3. Porcentagem total de germinação para cada espécie vegetal das sementes obtidas do estômago e/ou intestino de peixes coletados no lago Catalão entre março e agosto de 2014.

Discussão

1. Peixes e o consumo de sementes

O universo amostral de peixes deste trabalho, representado por 136 espécies principalmente das ordens Characiformes (51%) e Siluriformes (28%), mostrou padrão similar ao apontado por Roberts (1972), quanto à predominância dos Ostariophysii na Amazônia, além disso, outros estudos realizados em lagos amazônicos também encontraram proporções similares a descrita acima (Tejerina-Garro 1998; Merona 1987). No Catalão, Vale (2003), a partir de um estudo ictiofaunístico, mencionou que 36% das espécies capturadas pertenciam à ordem Characiformes e 23% das espécies à ordem Siluriformes. Os 148 exemplares que consumiram sementes foram distribuídos

nessas duas ordens, as quais possuem o maior número de espécies conhecidas por utilizarem frutos e sementes como fonte de recurso alimentar (Pollux 2010).

O mandi, *Pimelodus blochii*, que neste estudo consumiu seis diferentes espécies vegetais, já havia sido evidenciado por Goulding (1980), que encontrou essa espécie consumindo sementes de *Paullinia* sp., *Astrocaryum jauari* e *Cecropia* spp., entretanto, naquele estudo não foram realizados testes de germinação que pudessem trazer informações sobre a viabilidade das sementes. Para o bacu, *Pterodoras granulosus*, um estudo realizado na região do rio Paraná por Souza-Stevaux *et al.* (1994), confirmou por meio de testes de germinação que essa espécie de peixe é capaz de excretar sementes viáveis dos gêneros *Ficus*, *Cecropia* e *Polygonum*, desse modo, *P. granulosus* parece ser um importante dispersor dessas três espécies vegetais. Pilati *et al.* (1999) também concluíram que o bacu é um importante dispersor de *Cecropia pachystachya*, após terem sido realizados testes de germinação com sementes retiradas do trato digestório de alguns exemplares. De um modo geral algumas outras espécies da ordem Siluriformes já são reconhecidas pelo consumo e dispersão de sementes de árvores de florestas inundáveis (Mannheimer *et al.* 2003; Piedade *et al.* 2003, 2006; Freitas *et al.* 2010).

Os cangatis *Ageneiosus dentatus*, *Auchenipterus nuchalis* e a piracatinga *Calophysus macropterus* consumiram o menor número de sementes, e apenas uma semente foi encontrada no trato digestório de cada exemplar. Espécies de *Ageneiosus* são carnívoras e se alimentam de peixes, camarões e uma variedade de invertebrados; já *Calophysus macropterus* ocasionalmente ingere frutos e/ou sementes (Goulding 1980) e restos vegetais, mas a espécie é considerada predominantemente necrófaga. Espécies de *Auchenipterus* possuem rastros branquiais longos e filamentosos e são tidas como filtradoras (Santos *et al.* 2006; Queiroz *et al.* 2013). Nenhuma das três espécies citadas acima possui preferência alimentar por frutos e sementes, o que explica o fato de ter sido capturado um baixo número de indivíduos consumindo sementes neste estudo.

Sobre os representantes de Characiformes, a pirapitinga *Piaractus brachypomus* foi a única espécie a ter todos os exemplares capturados (n=4) com sementes no trato digestório. Um estudo realizado por Correa *et al.* (2014) mostrou que frutos e sementes aparecem de forma dominante na dieta desse peixe durante a fase alagada, uma vez que os jovens e os adultos são altamente adaptados a explorar esse recurso alimentar (Lucas 2008). A contribuição para a dispersão de sementes por *Piaractus brachypomus*, e também de outras espécies encontradas neste estudo, como o tambaqui *Colossoma macropomum*, foi investigada por Anderson (2009) em uma área de floresta alagável no

Peru, onde se constatou que juntas, as duas espécies de peixes dispersam sementes de espécies arbóreas, como a embaúba *Cecropia latiloba* e também algumas espécies de lianas, totalizando 35% das espécies vegetais presentes na área. Estudos conduzidos com o objetivo de identificar a eficiência dos peixes como dispersores, atribuem aos jovens de *Colossoma macropomum* uma maior propensão para triturar as sementes, devido à dentição molariforme, enquanto que, os indivíduos adultos são capazes de engolir sementes intactas, possivelmente em função do maior tamanho da abertura bucal em relação ao tamanho das sementes ingeridas (Kubitzki e Ziburski 1994; Anderson 2009). No presente estudo, dos 50 exemplares de tambaqui capturados com alimento no trato digestório, 10% continham sementes trituradas, e todos os exemplares eram jovens (Comprimento-padrão médio de 155 mm) (Araújo-Lima e Goulding 1998). Dos oito exemplares de arari *Chalceus erythrurus* coletados, 25% também danificaram sementes. Essa espécie possui três séries de dentes no premaxilar, além da série interna do dentário composta por numerosos dentes (Queiroz *et al.* 2013), o que pode ter facilitado a quebra das sementes.

Para as matrinxãs *Brycon melanopterus* e *B. amazonicus*, embora neste estudo tenham sido encontradas somente sementes intactas no trato digestório das duas espécies, uma análise realizada por Correa *et al.* (2015) registrou a predação de sementes por essas espécies e também por *B. falcatus*, considerando que as menores taxas de destruição de sementes foram para aquelas envoltas por polpa carnosa. Segundo Souza (2005), *B. amazonicus* pode ter um papel mais importante como dispersor do que como predador de sementes, uma vez que somente 13% das sementes ingeridas por 164 exemplares haviam sido quebradas, enquanto que para o tambaqui a porcentagem foi de 72% para 274 exemplares analisados; entretanto, o tamanho dos exemplares utilizados no estudo citado acima não foram considerado. Outros estudos também apontam espécies de *Brycon* como importantes consumidores e dispersores de sementes (Horn 1997; Maia 2001; Banack *et al.* 2002; Maia e Chalco 2002; Reyes *et al.* 2008; Correa e Winemiller 2014).

A sardinha rabo-de-fogo *Triportheus albus* e sardinha comprida *T. auritus* (n=230 e n=110, respectivamente) apresentaram o maior número de exemplares consumindo sementes. A sardinha papuda *Triportheus angulatus* (n=47) ficou atrás somente do *C. macropomum* (n=62). No presente estudo, a porcentagem de *T. angulatus* (37%) capturados com sementes foi superior à encontrada para *T. albus*

(16%) e *T. auritus* (36%), embora o total de exemplares de *T. angulatus* (n=40) encontrados com alimento tenha sido acentuadamente menor do que os números registrados para *T. albus* (n=199) e *T. auritus* (n=74). Goulding (1980), em um estudo realizado no rio Machado, no estado de Rondônia concluiu que 139 exemplares de *T. angulatus* que consumiram 11 espécies vegetais são menos propensos a ingerir frutos e sementes em comparação aos 162 exemplares de *T. auritus*, para os quais foi registrado o consumo de 16 espécies vegetais, entretanto, o mesmo padrão não pode ser confirmado para esse estudo. O fato de *T. albus* ter sido a espécie mais comumente capturada corrobora a informação disponível para a área de estudo, uma vez que essa é uma das espécies de peixes mais abundantes nas pescarias experimentais com malhadeiras no Lago Catalão (Vale 2003; Röpke *et al.* no prelo).

Durante os meses de janeiro e fevereiro as sardinhas (*Triporthus* spp.) consumiram sementes de Poaceae pertencentes às espécies capim membeca *Paspalum repens* e arroz-bravo *Oryza* spp. Essas e outras espécies de herbáceas aquáticas se distribuem amplamente e com biomassa variada nas margens das florestas alagáveis de várzea, em virtude das condições adequadas de disponibilidade de oxigênio e nutrientes (Piedade e Junk 2000). As gramíneas aquáticas colonizam os primeiros estágios sucessionais em áreas de várzea, o que é possível pela combinação de uma intensa reprodução assexuada e da reprodução por sementes (Ferreira *et al.* 2010). Almeida (1984) também relatou que sementes de Poaceae servem de fonte de alimento para indivíduos jovens de *T. auritus* e *T. angulatus*. Em um estudo realizado por Silveira e Weiss (2014), no Pantanal brasileiro, peixes da planície de inundação foram encontrados consumindo uma variedade de sementes de espécies herbáceas, das quais, algumas se mostraram viáveis como *Hymenachne amplexicaulis* e *Luziola* sp.. Apesar da importância dessas informações sobre a interação entre peixes e plantas aquáticas, o foco do presente estudo concentrou-se em espécies lenhosas, as quais foram encontradas no trato digestório dos peixes apenas a partir de março e até o mês de agosto.

Foi verificado que com exceção de *Ageneiosus dentatus*, *Auchenipterus nuchalis* e *Calophysus macropterus*, todas as demais espécies encontradas com sementes no trato digestório são consideradas onívoras (Santos *et al.* 2006) e, sobretudo durante as águas altas, consomem variável quantidade de frutos e sementes. Em geral o consumo desses itens é reduzido na vazante e seca, quando ocorre uma queda acentuada na produção de frutos (Schöngart *et al.* 2002). Especialmente antes da seca, muitos peixes abandonam a floresta alagável em direção aos leitos dos rios e lagos, ocorrendo nesse período o

aumento do consumo de folhas, moluscos, peixes e outros invertebrados (Goulding 1980; Junk 1984; Junk *et al.* 1997).

2. Diversidade de sementes consumidas por peixes

Durante o mês de março teve início o consumo de espécies vegetais lenhosas por peixes, o que é compatível com o período de produção de frutos das árvores de várzea, que se intensifica gradualmente a partir desse mês, sofrendo redução após o mês de agosto, quando as águas descem (Schöngart *et al.* 2002). De modo geral, a floração ocorre entre setembro e outubro, quando a precipitação é pouco intensa; após esse período, já nos primeiros meses do ano subsequente, os índices pluviométricos aumentam e os frutos já estão em processo de crescimento. Entretanto, a duração do período de frutificação durante a fase alagável possivelmente está relacionada com aspectos fenológicos de cada espécie (Kubitzki e Ziburski 1994) e pode ser afetada por períodos prolongados de cheias e/ou de secas. A idade da planta é outro fator que pode se refletir na produção de biomassa de frutos, como mostra um estudo realizado por Maia (1997) para duas espécies em áreas alagáveis; enquanto que os indivíduos mais velhos de seringa-barriguda *Hevea spruceana* apresentaram menor biomassa de frutos em comparação a indivíduos em fase madura, na macacarecuia *Eschweilera tenuifolia* um padrão inverso foi observado, com maior produção de frutos em árvores mais velhas.

Apesar de não ter sido empregada neste estudo metodologia específica para quantificar a produção de frutos, observações sobre a disponibilidade de propágulos na natureza foram registradas. Assim, frutos e/ou sementes das espécies *Doliocarpus* sp., *Macrobium* sp., *Senna alata*, *Nectandra amazonum*, *Lophanthera longifolia*, *Tococa cordata*, *Cissampelos andromorpha*, *Ficus trigona*, *Psychotria ernestii*, *Allophylus amazonicus*, não se mostraram abundantes durante o período de captura dos peixes, e tiveram suas sementes encontradas nos tratos digestórios durante apenas um ou dois meses. Assim como para as espécies citadas anteriormente, as sementes de *Crataeva benthamii* e *Vitex cymosa* também foram encontradas no período de um ou dois meses, entretanto, a disponibilidade de frutos dessas espécies no ambiente foi mais acentuada em igual período de tempo. As demais espécies, *Ficus insipida*, *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa* foram consumidas e estiveram disponíveis no ambiente durante três, quatro ou até cinco meses.

Sementes de *Cecropia* spp. foram as mais frequentemente consumidas pelos peixes. Este consumo é compatível com o pico de frutificação dessa espécie, que ocorre em quase todos os meses da fase aquática, além disso, a infrutescência composta por inúmeras sementes pequenas (Parolin 2002) também pode explicar a elevada proporção de sementes ingeridas (Gottsberger 1978; Pilati 1999; Reyes *et al.* 2008; Anderson 2009). A seletividade dos peixes também pode favorecer esse consumo, que pode ser direcionado para determinados tipos de infrutescência (Correa *et al.* 2015). Aspectos ligados ao fruto podem ser relevantes, como demonstrado, por exemplo, para frutos carnosos, os quais, independente do tamanho, são mais susceptíveis a terem suas sementes dispersas por peixes do que os frutos não carnosos. A busca seletiva de sementes também pode ser favorecida pelo olfato e pelo som produzido pela queda do fruto na água (van der Pijl 1969; Araújo-Lima e Goulding 1998). Alterações da cobertura vegetal podem também influenciar a disponibilidade de sementes para os peixes. Claro Jr. *et al.* (2004) relacionam o alto consumo por peixes das sementes do gênero *Cecropia* à presença de locais desmatados e à perda da cobertura vegetal original, pois este gênero é caracterizado por espécies pioneiras que colonizam locais desmatados, onde as condições de luz aumentam, favorecendo seu estabelecimento. Perturbações naturais ou antrópicas podem também estar contribuindo para o aumento do consumo de espécies de *Cecropia* nas áreas de floresta de várzea do Catalão.

No presente estudo o tambaqui *Colossoma macropomum* consumiu o maior número de sementes, correspondentes a seis espécies, enquanto que a maior variedade de espécies vegetais (sete) foi encontrada no trato digestório de exemplares de matrinxã *Brycon amazonicus*. Para as espécies vegetais essas diferenças podem estar relacionadas à disponibilidade e para os peixes a seletividade, o que também se associa às mudanças no decorrer do desenvolvimento e crescimento das espécies de peixes.

3. Viabilidade e dispersão de sementes consumidas por peixes

O papel biológico da semente está intimamente relacionado à sobrevivência e propagação da espécie vegetal. Cada nova semente produzida pela planta-mãe durante o período reprodutivo representa não somente o aumento do número potencial de indivíduos que farão parte da população, mas também confere variabilidade genética a ser incorporada à população (Jordano *et al.* 2006). Este estudo mostrou que grande parte

das sementes consumidas por peixes germinou. Algumas espécies como *Cissampelos andromorpha*, *Psychotria ernestii* e *Ficus trigona* destacaram-se pela germinação de 100% das suas sementes. *Cecropia* spp., *Doliocarpus* sp., *Lophantera longifolia*, *Allophylus amazonicus*, *Alchornea discolor*, *Endlicheria anomala*, *Vitex cymosa*, *Ficus insipida* tiveram germinação de suas sementes acima de 50%.

Sementes capturadas com elevado número, como as do gênero *Ficus* (n=943), apresentaram germinação acima de 90%. Horn (1997) demonstrou que sementes de *Ficus glabrata* (n=100) consumidas por *Brycon guatemalensis* tiveram germinação de 70,4%, entretanto, sem diferença significativa em relação àquelas submetidas a diferentes tratamentos; semeadas em terra, 81,1%, e semeadas em terra com determinado período anterior de submersão na água, 83,5%. Para *Laetia corymbulosa* (n=257) a germinação foi em torno de 45%. Conserva (2013) encontrou aproximadamente 28% (n=100) de germinação em sementes retiradas diretamente dos frutos, e, assim como este estudo, semeadas em solo de várzea sob condições ambientes similares, enquanto Oliveira-Wittmann (2007) obteve 2% (n=500); já para *Cecropia* spp. (n=1.492) este estudo mostrou uma germinação de aproximadamente 70%, enquanto que, Kubitzki & Ziburski (1994) registraram valores de germinação das espécies de *C. latiloba*, próximos a 96% (n=50) e para *C. membranacea* 94% (n=50) a partir de sementes semeadas sobre papel em condições de luminosidade controlada.

Das dezoito espécies vegetais, dezesseis germinaram e somente duas, mata-pasto *Senna alata* e a pupunharana *Bactris riparia* não tiveram suas sementes germinadas. *Senna alata* é uma espécie pioneira de rápida colonização, o que confere à espécie um curto prazo para a germinação (Parolin 2001, 2005). Dado que as sementes dessas espécies não germinaram até o final dos 210 dias de experimento, possivelmente estas estavam inviáveis. Para *Bactris riparia*, a ausência de germinação pode estar relacionada tanto ao fato das sementes estarem inviáveis, como também, devido ao gênero *Bactris* necessitar de um período de dormência variável que pode durar de um mês e meio até 14 meses (Mora Urpí 1979). Mesmo após ser ingerida e excretada, a germinação da semente provavelmente dependerá de diversos outros fatores relacionados à morfologia e fisiologia de ambos os organismos envolvidos nesse processo (Schupp 1988).

Algumas das espécies de peixes encontradas nesse estudo, como *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus*, o gênero *Brycon* e o *Triportheus* e *Pterodoras granulosus*, apresentam hábito migratório (Menezes e Vazzoler 1992; Oliveira e

Ferreira 2002; Araujo-Lima e Ruffino 2003). Na América do Sul, existe grande diversidade de peixes que realizam migrações reprodutivas ou tróficas (Araujo-Lima e Ruffino 2003), incluindo espécies de Characiformes e Siluriformes. Os indivíduos podem migrar por longas distâncias em dois momentos: a) ainda no início da inundação, com fins reprodutivos, de dentro das florestas alagáveis em direção ao curso superior do rio, e b) durante a descida das águas, em direção a trechos a jusante, após a desova (Gouding 1980). O consumo de sementes por espécies migratórias e viabilidade das sementes da grande maioria das espécies após passagem pelo trato digestório dos peixes, indica que estes podem ter papel importante como vetores de dispersão, principalmente à montante do local de origem das sementes, onde a dispersão hidrocórica não seria capaz de conduzi-las.

Especialmente nas últimas décadas, a cobertura vegetal das florestas alagáveis amazônicas tem sofrido severos distúrbios antrópicos (Junk 1982; Junk 2010). Por outro lado, na área de realização deste estudo, assim como em toda a Amazônia, os estoques pesqueiros vêm sendo explorados intensamente. Entre as décadas de 1930 e 1950, esse processo foi acelerado pela introdução de novas tecnologias de pesca que facilitaram a captura dos peixes, como a rede de cerco e a de náilon (Petreire 1978; Lowe-McConnell 1999). Com base em dados estatísticos sobre a pesca, Barthem e Goulding (2007) registraram uma redução nas capturas totais de peixes que consomem frutos e sementes em torno de 50% desde a década de 1970. A retirada de árvores e a exploração extensiva das áreas de várzea vêm ocasionando uma redução significativa de algumas populações, especialmente na Amazônia oriental e na região central e ocidental da Amazônia brasileira, em torno das cidades de Itacoatiara, Manaus e Tefé (Wittmann e Oliveira-Wittmann 2010). Além disso, a diminuição de espécies de árvores de alto valor gera a procura por espécies com características semelhantes na madeira, o que ocasiona ciclos de exploração progressiva e perda da cobertura vegetal. A mudança na composição da floresta devido a ações antrópicas pode ocasionar impactos nos hábitos alimentares dos peixes que utilizam frutos e sementes como importantes fontes de recurso alimentar. Isto pode comprometer adicionalmente não apenas os estoques pesqueiros, mas também as populações humanas locais e regionais cujo consumo de peixe é o componente principal da dieta protéica (Junk 1984).

Referências bibliográficas

- Adams, S.B.; Hamel, P.B.; Connor, K.; Burke, B.; Gardiner, E.S.; Wise, D. 2007. Potential roles of fish, birds, and water in swamp privet (*Forestiera acuminata*) seed dispersal. *Southeastern Naturalist*, 6. 669-682.
- Almeida, R.G. 1984. Biologia alimentar de três espécies de *Triportheus* (Pisces: Characoideil, Characidae) do lago do castanho, Amazonas. *Acta Amazônica*, 14 (1-2): 48-76.
- Anderson, J.T.; Saldaña Rojas, J.; Flecker, A.S. 2009. High-quality seed dispersal by fruit-eating fishes in Amazonian floodplain habitats. *Oecologia*, 161: 279-290.
- Araujo-Lima, C. A.R.M.; Goulding, M. 1998. *Os frutos do tambaqui: Ecologia, conservação e cultivo na amazônia*. Sociedade Civil Mamirauá. CNPq. Manaus, Amazonas. 186 pp.
- Araujo-Lima, C.A.R.M.; Ruffino, M.L. 2003. In: Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C.; Baer, A. Migratory Fishes of the Brazilian Amazon (Eds): *Migratory Fishes of South America*. World Bank. Canadá. Cap. 6. 233-332.
- Banack, S.A.; Horn, M.; Gawiicka, A. 2002. Disperser vs Establishment-Limited Distribution of a Riparian Fig Tree (*Ficus insipida*) in a Costa Rican Tropical Rain Forest. *Biotropica*, 34(2): 232-243.
- Barthem, R.; Goulding, M. 1997. *The Catfish Connection: Ecology, Migration and Conservation of Amazon Predators*. New York, Columbia University Press, 144 pp.
- Claro-Jr, L.H. 2003. *A influência da floresta alagada na estrutura trófica de comunidades de peixes em lagos de várzea da Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, INPA/UFAM. Manaus, Amazonas. 61 pp.

Conserva, A.; Santana, D.G; Piedade, M.T.F. 2013. Características de sementes de espécies arbóreas de importância econômica da floresta de várzea: implicações para programas de conservação ex situ na Amazônia. *Uakari*, v. 9, n. 2, p. 7-19.

Correa, S.B.; Winemiller, K.O. 2014. Niche partitioning among frugivorous fishes in response to fluctuating resources in the Amazonian floodplain forest. *Ecology*, 95(1), 210-224.

Correa, S.B.; Costa-Pereira, R.; Fleming, T.; Goulding, M.; Anderson, J.T. 2015. Neotropical fish–fruit interactions: eco-evolutionary dynamics and conservation. *Biological Reviews*, 000–000.

Ferreira, G.A. 2004. *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre. 323pp.

Ferreira, L.V.; Almeida, S.S.; Parolin, P. 2010. Amazonian white and black water floodplain forests in Brazil: large differences on a small scale. *Ecotropica*, 16:31-41.

Freitas, C.E.C.; Garcez, R.C.S. 2004. Fish communities channels between floodplain lakes and Solimões- Amazonas Rivers (Amazon-Brazil). *Acta Limnologica Brasiliensis*, 16(3): 273-280.

Freitas, T.M.S.; Prudente, B.S.; Almeida, V.H.C.; Montag, L.F.A. 2010. *Os peixes e as florestas alagadas de Caxiuanã*. Fundação o Boticário de Proteção a natureza. Pará, Belém, 26pp.

Gottsberger, G. 1978. Seed dispersal by fish in the inundated regions of Humaitá, Amazônia. *Biotropica*, 10 (3): 170-183.

Goulding, M. 1980. *The fishes and the forest. Explorations in Amazonian natural history*. University of California Press, Berkeley, CA, USA. 280pp.

Goulding, M.; Carvalho, M.L.; Ferreira, E.G. 1988. *Rio Negro: Rich life in poor water*. SPB. Academic Publishing. The Netherlands. 190 pp.

- Harper, L.J. 1977. *Population Biology of plants*. Academic Press. Nova York. 892 pp.
- Horn, M.H. 1997. Evidence for dispersal of fig seeds by the fruit-eating characid fish *Brycon guatemalensis* Regan in a Costa Rican tropical rain forest. *Oecologia*, 109: 259-264.
- Howe, H.F.; Smallwood, J. 1982. Ecology of Seed Dispersal. *Annual Review of Ecology and Systematics*, v. 13. p. 201-228.
- Howe, H.F.; Miriti, M.N. 2004. When seed dispersal matters. *Bioscience*, 54: 651-660.
- Hyslop, E. 1980. Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *Journal of fish Biology*, 17: 411-429.
- Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 104: 501-528.
- Janzen, D.H. 1971. Seed predation by animals. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 2: 465-492.
- Jordano, P.; Galetti, M.A.; Pizo; Silva, W.R. 2006. Ligando Frugivoria e Dispersão de sementes à biologia da conservação. Pages 41 1-436, In: Duarte, C.F.; Bergallo, H.G.; Dos Santos, M.A.; V a, A.E. (Eds.). *Biologia da conservação: essências*. Editorial Rima, São Paulo, Brasil.
- Junk, W.J. 1982. Amazonian floodplain: their ecology, present and potential use. *Rev. Hydrobiol.trp*, 15 (4): 285-301.
- Junk, M.J.; Soares, G.M.; Carvalho, F.M. 1983. Distribution of fish species in a lake of the Amazon river flooplain near Manaus (lago Camaleão) with special reference to extreme oxygen conditions. *Amazoniana*, 7(4): 397-431.
- Junk, W.J. 1984. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia. In: Sioli, H. (Eds) *The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster. Cap. 17. p. 444 - 475.

Junk, W.J.; Bayley, P.B.; Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. In: Dodge, D.P. (Eds). *Proceedings of the International Large River Symposium*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. p.110-127.

Junk, W.J.; Soares, M.G.M.; Saint-Paul, U. 1997. The Fish. (Eds): The Central Amazon Floodplain. Springer –Verlag Berlin Heidelberg, Ecological Studies, v. 126. Cap.20. p. 386-408.

Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 2010. An Introduction to South American Wetland Forests: Distribution, Definitions and General Characterization. In: Junk,W.J.; Wittmann, F.; Parolin, P.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J. (Eds): *Amazonian Floodplain Forests Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science. Cap. 1. p. 4-24.

Junk, W.J. 2010. The Role of Floodplain Forests in an Integrated Sustainable Management Concept of the Natural Resources of the Central Amazonian Várzea. In: Junk, W.J.; Wittmann, F.; Parolin, P.; Piedade, M.T.F.; Schöngart, J. (Eds): *Amazonian Floodplain Forests Ecophysiology, Biodiversity and Sustainable Management*. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer Science. Cap. 23 p. 486-507.

Kubitzki, K.; Ziburski, A. 1994. Seed Dispersal in Flood Plain Forests of Amazonia. *Biotropica*, v. 26, No. 1, p. 30-43.

Lowe-McConnell, R.H. 1999. Estudos ecológicos de comunidades de peixes tropicais. Ed. Da Universidade de São Paulo. 534pp.

Lucas, C.M. 2008. Within Flood Season Variation in Fruit Consumption and Seed Dispersal by Two Characin Fishes of the Amazon. *Biotropica*, 40(5): 581-589.

Maia, L.M.A. 1997. *Influência do pulso de inundação na fisiologia, fenologia e produção de frutos de Hevea spruceana (Euphorbiaceae) e Eschweilera tenuifolia (Lecythidaceae) em área inundável de igapó da Amazônia Central*. Tese de doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM. 186pp.

Maia, L.M.A. 2001. *Frutos da Amazônia: Fonte de alimento para peixes*. Editora SEBRAE. Manaus, AM. 143pp.

Maia, L.A.; Chalco, F.P. 2002. Produção de frutos de espécies da floresta de várzea da Amazônia Central importantes na alimentação de peixes. *Acta Amazonica*, 32(1): 45-54.

Mannheimer, S.G.; Bevilacqua, E.; Caramaschi, E.P.; Scarano, F.R. 2003 Evidence for seed dispersal by the catfish *Auchenipterichthys longimanus* in an Amazonian lake. *J. Tropical Ecology*, 19: 215–218.

Menezes, N.A.; Vazzoler, E.A.M. 1992. Reproductive characteristics of characiformes. In: Hamelt, W.C. (Eds): *Reproductive biology of South American vertebrates*. Springer-Verlag, New York, Cap. 4, p.60.

Merona, B. 1987. Aspectos ecológicos da ictiofauna no baixo Tocantins. *Acta Amazonica*, (nº único): 109-124.

Mora Urpí, J. 1979. Método practico para germinación de semillas de pejibaye. *ASBANA*. 3(1):14-15

Oliveira, E.C; Ferreira, E.J.G. 2002. Ocorrência de ovos e larvas de Characiformes migradores no rio Negro, Amazonas, Brasil. *Acta Amazonica*, 32 (1): 163-168.

Oliveira-Wittmann, A.; Piedade, M.T.F.; Parolin, P. Wittmann, F. 2007. Germination in four low-várzea tree species of Central Amazonia. *Aquatic Botany*. 86.197–203.

Parolin, P. 2001. *Senna reticulata*, a Pioneer Tree from Amazonian Várzea Floodplains. *The Botanical Review*. Vol 67. nº 2.p. 239-253.

Parolin, P. 2002. Life history and environment of *Cecropia latiloba* in Amazonian floodplains. *Rev. Biol. Trop.*, 50(2): 531-545.

Parolin, P. 2005. *Senna reticulata* (Willd.) H. S. Irwin & Barneby (Fabaceae) As “Pasture e Killer” (“mata pasto”) Pioner Tree in amazonian floodplains. *Ecología Aplicada*, 4 (1,2).

Petrere Jr. 1978. Pesca e esforço no estado do Amazonas. I esforço e captura por unidade de esforço. *Acta Amazonica*, 6: 569-582.

Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. 2000. Natural grasslands and herbaceous plants in the amazon floodplain and their use. In: Junk, W.J.; Ohly, J.J.; Piedade, M.T.F.; Soares, M.G.M. (Eds): *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. Cap.13. p. 269-290.

Piedade, M. T. F.; Parolin, P.; Junk, W.J. 2003. Estratégias de dispersão, produção de frutos e extrativismo da palmeira *Astrocaryum jauari* Mart. Nos igapós do rio Negro: implicações para a ictiofauna. *Ecología Aplicada*, 2(1).32-40.

Piedade, M.T.F; Parolin, P.; Junk, W.J. 2006. Phenology, fruit production and seed dispersal of *Astrocaryum jauari* (Arecaceae) in Amazonian black water floodplains. *Rev. Biol. Trop.* Vol. 54 (4): 1171-1178.

Pilati, R.; Andrian, I.F.; Carneiro, J.W.P. 1999. Desempenho germinativo de sementes de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae), recuperadas do trato digestório de Doradidae, *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1833), da planície de inundação do alto Paraná. *Interciência*, v. 24 n° 6.

Pollux, B.J.A. 2010. The experimental study of seed dispersal by fish (ichthyochory). *Freshwater Biology*.56, 197 – 212.

Porto de Manaus. 2015. (<http://www.portodemanous.com.br>). Acesso: 08/02/2015.

Queiroz, L.J.; Torrente-Vilara, G.; Ohara, W.M.; Pires, T. H.; Zuanon, J.; Doria, C.R.C. 2013. *Peixes do rio madeira*. (Eds) Dialeto Latin American Documentary. São Paulo, Brasil. Vol. I. 399pp.

Rebouças, E.R. 2011. Germinação e determinação de reservas de sementes de dez espécies madeireiras de várzea da Amazônia Central. Relatório final de atividades programa de capacitação institucional PCI. INPA. Amazonas, Manaus, 46 pp.

Reys, P.; Sabino, J.; Galetti, M. 2008. Frugivory by the fish *Brycon hilarii* (Characidae) in western Brazil. *Acta Oecologica*, XXX, I-6.

Ribeiro, M.N.G.; Adis, J. 1984. Local rainfall variability – a potential bias for bioecological studies in the Central Amazon. *Acta Amazonica*, 14(1/2): 159–174.

Ricklefs, R.E. 2003. *A economia da natureza*. Ed. Guanabara Koogan. 5ªed. Rio de Janeiro. 502pp.

Roberts, T.R. 1972. Ecology of fishes in the Amazon and Congo Basins. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 143 (2): 117-147.

Röpke, C.P.; Amadio, S.A.; Winemiller, K.O.; Zuanon, J. (No prelo) Seasonal dynamics of the fish assemblage in a floodplain lake at the confluence of the Negro and Amazon rivers. *Journal of Fish Biology*.

Roubach, R.; Saint-Paul, U. 1994. Use of fruits and seeds from Amazonian inundated forest in feeding trial with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Pisces, Characidae). *J. Appl. Ichthyol.*, 10:134-140.

Saint-Paul, U.; Zuanon, J.; Correa, M.A.V.; Garcia, M.; Fabrec, N.N.; Berger, U.; Junk, W.J. 2000. Fish communities in central Amazonian white and blackwater floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, 57: 235–250.

Santos, G.M.; Ferreira, E.F.; Zuanon, J. 2006. *Peixes comerciais de Manaus*. Ed. Ibama. ProVárzea. Amazonas, Manaus. 144 pp.

Schöngart, J.; Piedade, M.T.F.; Ludwigshausen, S.; Horna, V.; Worbes, M. 2002. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *Journal of Tropical Ecology*.18:581–597.

Schupp, E.W. 1988. Factors affecting post-dispersal seed survival in a tropical forest. *Oecologia*, 76:525-530.

Silva, N.F.; Piedade, M.T.F.; Maurenza, D.O. 2009. Germinação e estabelecimento de arbóreas em áreas alagáveis por um rio de água branca em um de água preta, Amazônia – Brasil. IX Congresso de Ecologia do Brasil, São Lourenço – MG.

Silveira, R.M.L; Weiss, B. 2014. Evidence for herbaceous seed dispersal by small bodied fishes in a Pantanal seasonal wetland. *Braz. J. Biol.*, vol. 74, no. 3, p. 588-596.

Sioli, H. 1984. The Amazon and its main affluents: Hydrography, morphology of the river courses, and river types. (Eds): H. Sioli (Ed.). *The Amazon: limnology and landscape ecology of a might tropical river and its basin*pp. Dr. W. Junk Publ., Dordrecht, The Netherlands. Cap 5. p.127-165.

Souza, L.L. 2005. Frugivoria e dispersão de sementes por peixes na reserva de desenvolvimento sustentável Amanã. *Uakari*. p. 19-17.

Souza-Stevaux, M.C.; Negrelle, R.R.B.; Citadini-Zanette, V. 1994. Seed dispersal by the fish *Pterodoras granulosus* in the Paraná River Basin, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 10: 621-626.

Tejerina-Garro, F.L.; Fortin, R.; Rodríguez, M.A.; 1998. Fish community structure in relation to environmental variation in floodplain lakes of the Araguaia River, Amazon Basin. *Enviromental Biology of Fishes*, 51: 399-410.

Vale, J.D. 2003. *Composição, diversidade e abundância da Ictiofauna na área do Catalão, Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM. Manaus. 80p

Van der Pijl. 1969. Evolutionary action of tropical animals on the reproduction of plants. *Biol. J. Linn. Soc.*, 1:85-96.

Van der Pijl. 1972. Principles of Dispersal in Higher Plants. Springer Verlag. Ed 2°. New York. p.162.

Waldhoff, D.; Maia, L.D.A. 2002. Production and chemical composition of fruit from trees in floodplain forests of Central Amazonia and their importance for fish production. In: Junk, W.J. (Ed.) *The Central Amazon Floodplain: Actual Use and Options for a Sustainable Management*. Backhuys Publishers, The Netherlands, p.393-415.

Waldhoff, D.; Sant-Paul, U.; Furch. B. 1996. Value of fruits and seeds from the floodplain forests of central Amazonia as food resource for fish. *Ecotropica*, 2:143-156.

Willson, M.; Traveset, A. 2000. The ecology of seed dispersal. (Eds): Fenner M. ed. *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2nd edn. CAB International, Wallingford, UK. 85–110.

Wittmann, F.; Anhuf, D.; Junk, W.J.; 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote sensing techniques. *J. Trop. Ecol.* 18, 805–820.

Wittmann, F.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F. 2004. The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *For. Ecol. Manage*, 196, 199–212.

Wittmann, F.; Schöngart, J.; Montero, J.C. Motzer; T.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Queiroz, H.L.; Worbes, M. 2006. Tree species composition and diversity gradients in white water forests across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, v.33, n.8, p. 1334-1347.

Wittmann, F.; Schöngart, J.; Brito, J.M.D.; Wittmann, A.O.; Piedade, M.T.F.; Parolin, P.; Junk, W.J.; Guillaumet, J-L. 2010. Manual of trees from Central Amazonian várzea floodplains. Ed. INPA, Manaus. 1.ed. 286 p.

Wittman, F.; Wittmann, A.O. 2010. Use of Amazonian floodplain trees. In: Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; Wittmann, F.; Schöngart, J.; Parolin, P. (Eds.) *Amazon floodplain forests: Ecophysiology, biodiversity and sustainable management*. Springer, Ecological Studies, p, 389-418.

Ziburski, A. 1991. Dissemination, Keimung und Etablierung einiger Baumarten der Überschwemmungswälder Amazoniens. Akad. Wiss. Lit. Mainz. Trop. u. subtrop. Pflanzenwelt 77.

Anexo

Tabela 1. Relação de espécies de plantas (sementes) consumidas por cada espécie de peixe no lago Catalão, Amazônia Central, AM. Número de sementes retiradas do estômago (n) e do intestino (n) e porcentagem de germinação (PG) para cada espécie de planta e local de obtenção (estômago e/ou intestino).

Peixes	Plantas	Sementes			
		Estômago	PG	Intestino	PG
Espécies	Espécies	(n)	(%)	(n)	(%)
<i>Ageneiosus dentatus</i>	<i>Cecropia</i> spp.	1	100	-	-
<i>Auchenipterus nuchalis</i>	<i>Ficus insipida</i>	1	100	-	-
<i>Brycon amazonicus</i>	<i>Cecropia</i> spp.	51	58,8	30	62,5
	<i>Ficus insipida</i>	15	100	23	73,9
	<i>Bactris riparia</i>	4	0	-	-
	<i>Nectandra amazonum</i>	4	50	-	-
	<i>Lophanthera longifolia</i>	1	100	-	-
	<i>Allophyllus amazonicus</i>	23	91,3	11	27,7
	<i>Vitex cymosa</i>	5	100	-	-
<i>Brycon melanopterus</i>	<i>Cecropia</i> spp.	9	45	13	76,9
	<i>Senna alata</i>	3	0	-	-
	<i>Psychotria ernestii</i>	-	-	2	100
<i>Calophysus macropterus</i>	<i>Vitex cymosa</i>	1	100	-	-
<i>Chalceus erythrurus</i>	<i>Cecropia</i> spp.	150	67,3	18	72,2
	<i>Lophanthera longifolia</i>	1	100	-	-
	<i>Vitex cymosa</i>	1	0	-	-
<i>Colossoma macropomum</i>	<i>Alchornea discolor</i>	1	100	1	0
	<i>Cecropia</i> spp.	219	56,1	190	64,7
	<i>Cissampelos andromorpha</i>	2	100	-	-
	<i>Crataeva benthamii</i>	1	100	1	100
	<i>Ficus insipida</i>	98	77,5	135	69,6
	<i>Tococa cordata</i>	100	0	175	34,2
<i>Piaractus brachypomus</i>	<i>Ficus insipida</i>	58	51,7	143	72,7
	<i>Macrolobium</i> sp.	6	16,6	8	12,5
<i>Pimelodus blochii</i>	<i>Alchornea discolor</i>	-	-	1	100
	<i>Cecropia</i> spp.	-	-	137	78,1
	<i>Ficus insipida</i>	17	70,5	7	85,7
	<i>Ficus trigona</i>	-	-	50	100
	<i>Laetia corymbulosa</i>	-	-	14	64,2

Tabela 1. (Continuação).

Peixes	Plantas	Sementes			
		Estômago	PG	Intestino	PG
Espécies	Espécies	(n)	(%)	(n)	(%)
	<i>Nectandra amazonum</i>	2	0	-	-
<i>Pterodoras granulosus</i>	<i>Bactris riparia</i>	5	0	-	-
	<i>Cecropia</i> spp.	14	78,5	20	100
	<i>Crataeva benthamii</i>	-	-	14	0
	<i>Endlicheria anomala</i>	1	0	-	-
	<i>Ficus insipida</i>	106	90,5	130	94,6
<i>Trachelyopterus galeatus</i>	<i>Bactris riparia</i>	2	0	-	-
	<i>Cecropia</i> spp.	-	-	50	64
	<i>Ficus insipida</i>	12	92,3	73	86,9
	<i>Nectandra amazonum</i>	1	0	-	-
<i>Triportheus albus</i>	<i>Cecropia</i> spp.	102	61,7	139	89,2
	<i>Endlicheria anomala</i>	9	100	-	-
	<i>Ficus insipida</i>	10	90	14	100
	<i>Laetia corymbulosa</i>	34	52,9	54	62,9
<i>Triportheus angulatus</i>	<i>Alchornea discolor</i>	1	100	-	-
	<i>Cecropia</i> spp.	36	100	60	91,6
	<i>Ficus insipida</i>	7	100	1	100
	<i>Laetia corymbulosa</i>	54	7,4	48	8,3
	<i>Tococa cordata</i>	2	0	-	-
<i>Triportheus auritus</i>	<i>Allophyllus amazonicus</i>	1	100	4	66,6
	<i>Cecropia</i> spp.	98	56,1	182	45,6
	<i>Doliocarpus</i> spp.	-	-	3	66,6
	<i>Endlicheria anomala</i>	1	0	-	-
	<i>Ficus insipida</i>	22	31,8	1	100
	<i>Laetia corymbulosa</i>	39	92,3	9	77,7

Weiss, B.A.; Piedade, M.T.F. e Zuanon, J.
Germinação de sementes de imbaúba *Cecropia*
spp. e sardinheira *Laetia corymbulosa* Spruce ex
Benth retiradas do trato digestório de três
espécies de sardinha (Characidae: *Triportheus*)
no lago Catalão, Amazônia Central.

Resumo

Os peixes são importantes agentes dispersores de sementes em áreas inundáveis florestadas. Entretanto, estudos acerca da influência da passagem das sementes pelo trato digestório de peixes sobre a germinação das sementes excretadas são escassos, e seus resultados pouco conclusivos. Para analisar essa interação entre peixes e plantas, conduziu-se este estudo em uma área de várzea amazônica, no lago Catalão, município de Iranduba, Amazonas, Brasil. Foram capturados 150 peixes pertencentes às espécies *Triportheus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus* (Characiformes: Characidae), dos quais 59 (39,3%) haviam consumido sementes de diferentes espécies vegetais. *Cecropia* spp. (Urticaceae) e *Laetia corymbulosa* (Salicaceae) tiveram o maior número de sementes encontradas tanto no estômago como no intestino dos peixes. Por esse motivo, sementes dessas espécies foram utilizadas em testes de germinação, realizados com o objetivo de comparar o desempenho germinativo de sementes retiradas do trato digestório e daquelas obtidas diretamente das plantas-mãe na natureza. Parâmetros germinativos de porcentagem, velocidade e tempo médio de germinação foram calculados. Sementes de *Cecropia* spp. (n=236) retiradas do estômago dos peixes apresentaram porcentagem de germinação de 62%, e aquelas retiradas do intestino (n=373) 64%. Para *Laetia corymbulosa* a germinação de sementes retiradas do estômago (n=131) foi de 49% e do intestino (n=104) de 44%. Para as duas espécies não houve diferença significativa dos parâmetros germinativos de velocidade e tempo médio de germinação entre as sementes obtidas do estômago e do intestino. Os mesmos parâmetros foram calculados para um subconjunto das sementes retiradas do intestino dos peixes (n=100) e para as sementes obtidas das plantas-mãe (n=100). Os resultados indicaram que sementes submetidas ao processo digestório dos peixes não apresentaram um incremento no desempenho germinativo, quando comparadas com as obtidas das plantas-mãe. Apesar disso, o percentual de sementes viáveis encontradas sendo consumidas pelas três espécies de *Triportheus*, abundantes e de hábitos migratórios, indica que essas espécies de peixes são potenciais dispersoras de sementes de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa*, o que pode ser especialmente importante para a colonização e o fluxo gênico em áreas à montante do local de origem das sementes.

Palavras chave: Ictiocoria, desempenho germinativo, floresta alagável de várzea.

Abstract

Fish are important seed dispersal agents in flooded forest areas. However, studies about the influence of seed pathways through fish digestive system over seed germination after excreted are scarce, and their results are barely conclusive. To analyze the interaction between fish-plant, a study was conducted in an Amazonian flood plain (also known as “várzea”) area called Catalão Lake located inside the city limits of Iranduba, Amazonas, Brazil. 150 captured fishes belonged to *Triportheus albus*, *T. angulatus* and *T. auritus* (Characiformes: Characidae) species, of which 59 (39.3%) had evidence of seed consumption from different plant species. *Cecropia* spp. (Urticaceae) and *Laetia corymbulosa* (Salicaceae) had the highest number of seeds found, not only in the stomach, but also inside the fishes' intestine. For this reason, seeds from these specific species were submitted to germination tests, which were executed with the intent of comparing the germinal performance using seeds found inside fish stomach and intestine and also seeds obtained directly from the mother-plant. The germination percentage parameters, velocity and average time of germination, were calculated. Seeds of *Cecropia* spp. (n=236) retrieved from fish stomach showed a germination percentage of 62%; and those retrieved from the intestine (n=373) had 64% of germination. For *Laetia corymbulosa*, the germination of seeds from the stomach (n=131) was 49% and for the intestine 44%. For both species there was not a significant difference of germination parameters of velocity and average time of germination between seeds obtained from the stomach and the intestine. The same parameters were calculated for a subgroup of seeds retrieved from fish intestine (n=100) and for seeds obtained from the mother-plant (n=100). Results indicated that seeds that underwent fish digestive system did not show an increment on their germination performance when compared to seeds obtained from the mother-plant. Nevertheless, the fact that there were a high percentage of viable seeds found after being consumed by three abundant fish species that possess migratory behavior indicates that individuals belonging to *Triportheus* genus are potential seed dispersers of *Cecropia* spp. and *Laetia corymbulosa* seeds, which can be especially important for tree colonization and maintenance of gene flow for areas located upstream of the seeds origin place.

Keywords: ichthyochory, germination performance, várzea floodplain forest.

Introdução

A dispersão de sementes é uma etapa fundamental do ciclo de vida das plantas, e a sua eficácia pode influenciar decisivamente na história de vida das espécies, além de determinar a expansão da área de distribuição de populações e a manutenção do fluxo gênico em paisagens fragmentadas (Howe 1982). A alta riqueza de espécies de peixes na bacia Amazônica (Goulding 1983; Queiroz *et al.* 2013), bem como as evidências da forte interação entre a floresta alagável e a comunidade de peixes, apontam para uma interdependência ecológica entre esses dois grupos, especialmente no período da dispersão de sementes, tornando a ictiocoria um fenômeno importante dentro das florestas alagáveis tropicais (Marlier 1967).

Os efeitos na viabilidade das sementes consumidas por peixes pode variar entre espécies consumidas e consumidoras. Alguns estudos observaram que sementes retiradas do trato digestório dos peixes apresentavam-se intactas (Goulding 1980; Pilati *et al.* 1999; Santos *et al.* 2003). Nesse contexto, há a presunção de que a passagem pelo trato digestório pode aumentar a porcentagem e a velocidade de germinação das sementes (van der Pijl 1972). Entretanto, nota-se que para algumas espécies de plantas a ingestão de sementes por peixes pode não apresentar nenhum efeito sobre a germinação (Horn 1997) e para outras, contudo, a passagem pelo trato digestório pode aumentar a probabilidade de germinação (Agami e Waisel 1988; Piedade *et al.* 2006; Pollux *et al.* 2006; Anderson *et al.* 2009). Ainda pouco se conhece em relação às taxas de germinação de sementes após a passagem pelo trato digestório de peixes, como também, aqueles que são os dispersores ou predadores de sementes, especialmente na bacia Amazônica, frente à riqueza de peixes e árvores das florestas alagáveis (Goulding 1980). De modo geral, algumas dessas perguntas podem ser respondidas através de ensaios experimentais (Schupp 1993; Pollux 2010).

O estudo da interação entre plantas e peixes possibilita a compreensão de processos ecológicos importantes, tanto sobre as cadeias tróficas em ambientes alagáveis, quanto sobre os mecanismos envolvidos na origem e manutenção da diversidade da própria floresta ripária. Essas informações servem de base para o entendimento do papel ecológico desempenhado pelos peixes e fornecem subsídios para a conservação dos recursos pesqueiros e florestais associados aos ambientes aquáticos. Assim, informações sobre os processos interativos e condicionantes dos ciclos de vida

de peixes e plantas se mostram fundamentais. Diante disso, este estudo objetivou ampliar o conhecimento sobre as interações entre três espécies de peixes que se destacam pela abundância nas áreas de várzea e cursos inferiores dos principais afluentes do sistema Solimões/Amazonas (Soares *et al.* 2008; Vale 2003; Röpke *et al.* no prelo): as sardinhas de água doce *Triporthus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus* (Characiformes: Characidae), e duas espécies arbóreas típicas das florestas da várzea amazônica: *Cecropia* spp. (Urticaceae) e *Laetia corymbulosa* (Salicaceae), ambas comumente consumidas pelas espécies de peixes selecionadas. A análise do consumo de sementes por espécies de *Triporthus* visou responder às seguintes perguntas: i) Qual a frequência de ocorrência de sementes de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa* na dieta das três espécies de sardinhas em um lago de várzea das cercanias de Manaus? ii) Sementes de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa* retiradas do estômago e do intestino desses peixes têm a viabilidade alterada (reduzida ou aumentada)? e iii) O comportamento germinativo de sementes retiradas do intestino de peixes difere daquele de sementes oriundas diretamente de matrizes arbóreas?

Material e Métodos

1. Espécies vegetais

O estudo foi realizado na área já descrita. Para detalhes sobre as características da área de estudo, vide sessão **Área de Estudo** localizada na apresentação da dissertação. Foram escolhidas para a realização do estudo duas espécies arbóreas: *Cecropia* spp. (Urticaceae) e *Laetia corymbulosa* (Salicaceae).

O gênero imbaúba *Cecropia* representa as espécies colonizadoras mais eficientes em áreas abertas nas várzeas e a sua principal estratégia é a alta tolerância à radiação solar, aos alagamentos e à submersão (Parolin 2002). Possui crescimento vertical é rápido, possibilitando a formação do primeiro dossel fechado na fase inicial da sucessão das florestas alagáveis de várzea. Segundo Schöngart e colaboradores (2002) os frutos, com infrutescências do tipo aquênio (uma semente cada), têm coloração verde púrpura e podem atingir de entre 10 e 20 centímetros de comprimento dependendo da espécie. O pico de frutificação ocorre durante a fase aquática (Parolin 2002; Schöngart *et al.* 2002).

Quando maduros, os frutos e sementes caem na água, sendo dispersos principalmente por hidrocoria e ictiocoria (Ziburski 1991; Roubach e Saint-Paul 1994).

A sardinheira, *Laetia corymbulosa*, tem seus frutos e sementes amplamente consumidos por sardinhas, nome comum dado a peixes caracídeos do gênero *Triportheus*. A espécie possui ampla distribuição espacial na várzea (Worbes *et al.* 1992; Schöngart *et al.* 2002; Wittmann *et al.* 2004) e a maior produção de frutos ocorre no período de maio a agosto, durante o auge da cheia e início da vazante (Wittmann e Parolin 1999). Os frutos têm forma de bagas carnosas envoltas por polpa amarela e/ou laranja, com tamanho de 2,5 x 1,5 centímetros (Oliveira- Wittmann 2007) e contendo numerosas sementes (Wittmann *et al.* 2004).

2. Espécies de peixes

As espécies de peixes estudadas foram as sardinhas rabo-de-fogo *Triportheus albus*, papuda, *T. angulatus* e comprida *T. auritus* (Characiformes: Characidae). As sardinhas de água doce são peixes nectônicos abundantes em rios de águas brancas, claras e pretas (Goulding 1988; Yamamoto *et al.* 2004). Em lagos de águas brancas os adultos nadam em águas abertas e também dentro da floresta inundável, enquanto que os jovens podem ser encontrados junto aos bancos de herbáceas aquáticas, alimentando-se de gramíneas (Almeida 1984; Petry *et al.* 2003). Uma série de estudos classificou *Triportheus albus*, *T. angulatus* e *T. auritus* como onívoros; consumidores de frutos, sementes, invertebrados aquáticos e terrestres que caem na água, dentro da floresta alagável, durante a fase de inundação (Almeida 1984; Santos *et al.* 1984, Claro-Jr. *et al.* 2004; Forsberg *et al.* 2004).

3. Captura dos peixes e retirada das sementes do trato digestório

Os peixes foram capturados durante os meses de janeiro a agosto de 2014, durante quatro dias por mês. Dentro da floresta alagável e próximo a árvores que estavam em fase de queda dos frutos foi armada uma bateria de malhadeiras composta por nove redes de malha 40 a 120 mm entre nós opostos, cada malhadeira com 10 m de comprimento e altura entre 1,5 a 3,5 m. As malhadeiras foram vistoriadas três vezes ao dia e trocadas de local a cada 24 horas. Os exemplares de *Triportheus* foram levados

para a base Flutuante Catalão, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Na base, após serem mortos por redução metabólica em gelo, foi registrada a identidade específica de cada exemplar, e determinado o comprimento padrão (CP, em mm) e peso total (g). Por incisão ventral foram retirados o estômago e o intestino para coleta das sementes ingeridas. As sementes inteiras encontradas no estômago e no intestino de cada exemplar foram mantidas separadas e posteriormente semeadas, conforme descrito no tópico 4. A identificação das espécies de plantas foi feita por comparação entre frutos coletados no local onde as malhadeiras foram mantidas e consulta à literatura (Wittmann *et al.* 2010), seguida de confirmação realizada por técnicos e parobotânicos do Herbário de INPA.

4. Coleta de sementes das plantas-mãe e semeadura

Para a comparação dos parâmetros de germinação foi realizada coleta de frutos em três exemplares de árvores de cada espécie selecionada (no caso de *Cecropia* em indivíduos do mesmo gênero), distantes entre si no mínimo 500 metros; frutos maduros encontrados flutuando no interior da floresta alagada também foram coletados. Com o intuito de evitar possíveis interferências nos testes de germinação devido à imaturidade embrionária das sementes, foram coletados somente frutos maduros, com base no seu tamanho e coloração.

O material foi acondicionado em sacos plásticos abertos e enviado ao laboratório do Projeto MAUA-INPA/Max-Planck, em Manaus, onde os frutos foram despulpados para a obtenção das sementes. Para realizar as análises comparativas do comportamento germinativo de sementes retiradas de frutos coletados de plantas-mãe na natureza e daquelas oriundas do trato digestório de peixes foram separadas aleatoriamente 100 sementes de cada categoria e espécie sem o controle de um determinado número de sementes obtidos de cada espécie de *Triportheus*. Todas as sementes foram lavadas em água corrente procedente de poço artesiano antes de serem semeadas, com o objetivo de eliminar o excesso dos ácidos presentes no trato digestório dos peixes. Todas as sementes selecionadas foram semeadas em sementeiras contendo solo de várzea, em um período entre 24 e 72 horas após serem obtidas. O experimento foi mantido na casa de vegetação do projeto “Ecologia, Monitoramento e Uso Sustentável de Áreas Úmidas” (MAUA) com temperatura, luz e umidade relativa ambiente, e rega diária com água de poço artesiano. O critério de germinação foi a observação da protrusão da radícula do

embrião, monitorada a intervalos de 24 horas. Em função de diferenças conhecidas na velocidade de germinação das duas espécies (Ziburski 1991; Parolin 2002; Oliveira-Wittmann 2007; Conserva *et al.* 2013), sementes de *Cecropia* spp. foram monitoradas durante 30 dias e de *Laetia corymbulosa* por 120 dias.

5. Análise de dados

A análise da frequência de ocorrência (FO%) das duas espécies de plantas na dieta das sardinhas foi calculada através da equação (Hyslop 1980):

$$FO\% = (N_i/N_{est}) * 100, \text{ onde}$$

FO% = frequência de ocorrência do item;

N_i = número de tratos digestórios (estômago e/ou intestino) onde o item i estava presente;

N_{est} = número total de tratos digestórios com alimento.

Os seguintes parâmetros germinativos foram calculados de acordo com Ferreira e Borgetti (2004), por meio das seguintes equações:

a) Porcentagem de germinação (PG):

$$PG = (SG * 100) / AM, \text{ onde}$$

PG = porcentagem de germinação;

SG = número de sementes germinadas;

AM = total de sementes da amostra.

b) Índice de Velocidade de Germinação (IVG):

$$IVG = \sum (n_i / t_i), \text{ onde}$$

IVG = índice de velocidade de germinação;

n_i = número de germinações computadas ao longo dos dias de experimento;

t_i = tempo de experimento.

c) Tempo Médio de Germinação (\bar{t}):

$$\bar{t} = \sum n_i \cdot t_i / \sum n_i, \text{ onde}$$

\bar{t} = média do tempo necessário para um conjunto de sementes germinar

n_i = número de sementes germinadas no intervalo de tempo t_{i-1} e t_i .

No que diz respeito ao total de sementes retiradas do trato digestório dos peixes, cada exemplar foi considerado uma amostra, e a partir delas foram calculados os valores de IVG e \bar{t} ; entretanto, devido à variação no número de sementes, o valor do IVG ao final foi dividido pelo número total de sementes germinadas.

Foram realizados testes em bloco para cada espécie vegetal, usando os valores de IVG e \bar{t} como variáveis-resposta, para testar a existência de diferença significativa ($P < 0,05$) entre o desempenho germinativo das sementes nos dois tratamentos (origem das sementes = estômago ou intestino). Considerando os exemplares de peixes como réplicas, foi aplicado um teste t simples para os dados referentes à *Cecropia* spp. para a qual a distribuição dos dados foi normal. Os dados referentes à *Laetia corymbulosa* apresentaram distribuição anormal, e por isso foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney. Por fim, para verificar a existência de diferença significativa entre a distribuição temporal da germinação acumulada ao longo dos dias entre sementes oriundas do trato digestório de peixes e aquelas obtidas de plantas-mãe, foi aplicado o teste de Kolmogorov-Smirnov (Gotelli e Ellison 2011). O programa computacional utilizado para a realização dos testes foi o Bioestat 5.0 (Ayres *et al.* 2007).

Resultados

Foi capturado um total de 150 exemplares de sardinhas, distribuídas nas espécies *Tripurtheus albus* (n=63), *T. angulatus* (n=30) e *T. auritus* (n=57). Desse total, 59 (39%) consumiram sementes inteiras de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa*, entre outras. A frequência de ocorrência (FO%) dessas duas espécies está descrita na Tabela 1 e foi baseada no número total de sementes consumidas, as quais não são apresentadas na tabela.

Tabela 1. Número de exemplares (n) das três espécies do gênero *Triportheus* capturados com sementes no estômago e/ou intestino. Média do Comprimento Padrão (CP) dos peixes em milímetros (mm) e peso (g). Frequência de ocorrência aproximada (FO%) do consumo de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa* baseada no número total de sementes consumidas.

PEIXES				PLANTAS			
Espécie	(n)	CP (mm)	Peso (g)	Família	Espécie	Estômago (FO%)	Intestino (FO%)
<i>Triportheus albus</i>	23	153	52	Urticaceae	<i>Cecropia</i> spp.	43	44
				Salicaceae	<i>Laetia corymbulosa</i>	28	44
<i>Triportheus angulatus</i>	13	153	53		<i>Cecropia</i> spp.	11	22
					<i>Laetia corymbulosa</i>	44	55
<i>Triportheus auritus</i>	23	160	62		<i>Cecropia</i> spp.	44	56
					<i>Laetia corymbulosa</i>	19	25

Ao todo foram consumidas 609 sementes de *Cecropia* spp. durante os meses de abril a agosto, e 235 sementes de *Laetia corymbulosa*, durante os meses de maio a junho. A Tabela 2 apresenta a porcentagem de sementes germinadas encontradas no estômago e intestino, respectivamente.

Tabela 2. Número total (n) e a porcentagem de germinação (PG%) de sementes de *Cecropia* sp. e *Laetia corymbulosa* encontradas no estômago e no intestino das três espécies de peixes do gênero *Triportheus*.

Espécie vegetal	Estômago		Intestino	
	(n)	(PG%)	(n)	(PG%)
<i>Cecropia</i> spp.	236	62	373	64
<i>Laetia corymbulosa</i>	131	49	104	44

A porcentagem de germinação para cada espécie apresentou valores muito próximos entre sementes retiradas do estômago e do intestino. Tampouco foram observadas diferenças significativas nos valores de Índice de Velocidade de Germinação (IVG) e Tempo Médio de germinação (\bar{t}) de sementes coletadas do estômago ou do intestino dos peixes, para as duas espécies de plantas (Tabela 3).

Tabela 3. Desempenho germinativo (IVG e \bar{t}) de sementes de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa*, obtidas do estômago ou do intestino de sardinhas do gênero *Triportheus* no lago Catalão.

Espécie	Tratamentos	
	Estômago x intestino (IVG)	Estômago x Intestino (\bar{t})
<i>Cecropia</i> spp.	t = - 0,13 p= 0,89	t = - 0,71 p= 0,48
<i>Laetia corymbulosa</i>	U= 1,20 p= 0,22	U= 0,83 p= 0,40

Considerando que não houve diferença na velocidade (IVG) e no tempo de germinação (\bar{t}) para as sementes das duas espécies obtidas do estômago e do intestino dos peixes, apenas as sementes obtidas do intestino, que representam aquelas que passaram por todo o processo digestório, foram utilizadas no experimento para comparar o comportamento germinativo com o de sementes oriundas diretamente das plantas-mãe. Diferença evidente ocorreu apenas no valor de porcentagem de germinação de *L. corymbulosa*, que foi maior para as sementes obtidas das plantas-mãe do que para aquelas obtidas do intestino das sardinhas (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de porcentagem de germinação (PG %), Índice de Velocidade de Germinação (IVG – germinação/dia) e Tempo Médio de Germinação (\bar{t} - dia) de sementes retiradas do intestino de sardinhas (*Triportheus* spp.) e obtidas diretamente das plantas-mãe no Lago Catalão.

	<i>Cecropia</i> spp.		<i>Laetia corymbulosa</i>	
	Intestino (n=100)	Plantas-mãe (n=100)	Intestino (n=100)	Plantas-mãe (n=100)
Desempenho germinativo das sementes				
Germinação (PG %)	87	92	50	83
Velocidade (IVG – germinação/dia)	7,26	9,46	1,19	1,93
Tempo médio (\bar{t} - dia)	14,4	11,04	58,72	51,3

Houve diferença significativa na distribuição temporal da porcentagem acumulada de germinação de sementes de *Cecropia* spp. ao longo do período de 30 dias (Teste de Kolmogorov-Smirnov, D= 0,36 e p=0,02), onde se observa que a germinação iniciou-se primeiramente em sementes obtidas do intestino (Figura 1).

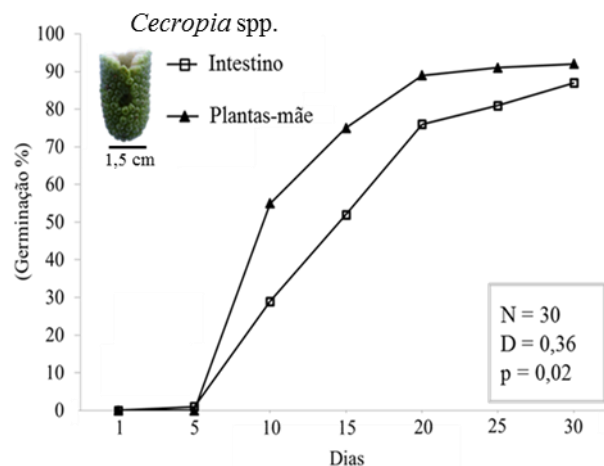


Figura 1. Porcentagem de germinação de sementes de *Cecropia* spp. retiradas no intestino de peixes e daquelas oriundas diretamente das plantas-mãe, ao longo de 30 dias de experimento mantido em casa de vegetação.

A distribuição temporal da porcentagem acumulada de germinação de *Laetia corymbulosa* ao longo do período de 120 dias também foi significativamente diferente para sementes obtidas do intestino de sardinhas e aquelas obtidas diretamente das plantas-mãe (Teste de Kolmogorov-Smirnov, $D = 0,49$ e $p = 0,01$). Observa-se que a germinação acumulada foi maior entre as sementes obtidas das plantas-mãe, mas iniciou antes entre sementes obtidas no intestino das sardinhas (Figura 2).

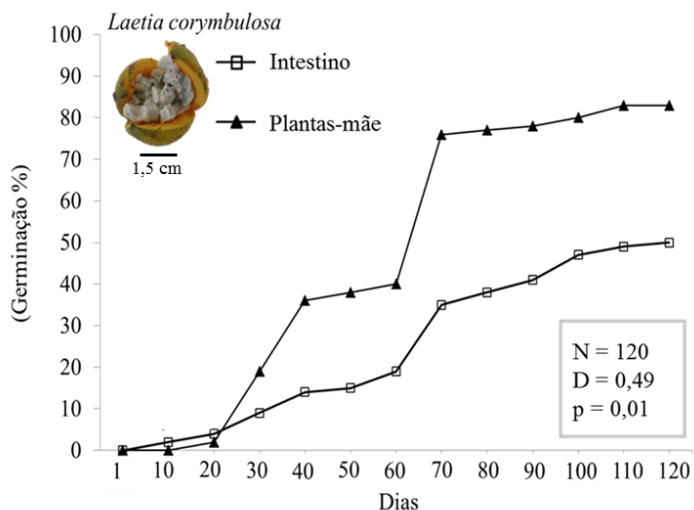


Figura 2. Porcentagem de germinação de sementes de *Laetia corymbulosa* retiradas do intestino de peixes e daquelas oriundas diretamente das plantas-mãe, ao longo de 120 dias de experimento mantido em casa de vegetação.

Discussão

O consumo de sementes observado a partir do mês de março está relacionado com o aumento da disponibilidade de frutos e sementes ao longo do período de inundação. Um estudo conduzido por Schöngart *et al.* (2002) na ilha da Marchantaria, local próximo à área de estudo, aponta que *Cecropia latiloba*, uma das espécies mais comuns para a área, completa toda a sua fase reprodutiva ao longo da estação chuvosa, florescendo e frutificando durante a fase aquática. *Laetia corymbulosa*, apesar de não demonstrar periodicidade regular de floração e frutificação, floresce geralmente durante a fase terrestre (Kubitzki e Ziburski 1994; Schöngart *et al.* 2002) e durante a fase aquática disponibiliza seus frutos, cuja produção mais acentuada ocorre entre os meses de maio e agosto (Wittmann e Parolin 1999). Isso explica o intenso consumo dessas duas espécies por peixes no decorrer do período de águas altas (enchente e cheia) e no início do período de descida das águas (vazante).

Alguns atributos peculiares têm sido associados a espécies de Characiformes, conhecidas por se alimentarem de frutos e sementes. Esses atributos envolvem um conjunto de características comportamentais e fisiológicas que contribuem para a eficiência na dispersão de sementes. O pacu-do-Pantanal *Piaractus mesopotamicus*, por exemplo, é uma das espécies que se destaca, pois realiza migrações de longo percurso durante o período de inundação (Galetti *et al.* 2008), podendo reter as sementes em seu trato digestório por até 212 horas (Anderson *et al.* 2011). Outros estudos apontam que o aumento do tamanho dos indivíduos de tambaqui *Colossoma macropomum* e da pirapitinga *Piaractus brachypomus*, está relacionado com a ingestão de sementes intactas. Jovens de *C. macropomum* são mais propensos a mastigar as sementes com o uso de sua dentição molariforme; quando os indivíduos entram na fase adulta, se tornam capazes de ingerir sementes grandes e inteiras (Anderson *et al.* 2009). Uma análise realizada para espécies do gênero *Brycon* evidenciou que a probabilidade de dispersão de sementes aumenta em torno de 4,2% a cada aumento de um milímetro do tamanho do peixe (Correa *et al.* 2015). Embora essas informações sejam importantes para o entendimento das interações peixe-planta, certamente o padrão observado para as espécies citadas não reflete a multiplicidade de estratégias que ocorre na guilda de peixes frugívoros, muitas das quais ainda permanecem desconhecidas para a ciência. No presente estudo somente foram encontradas sementes inteiras no trato digestório dos

exemplares de *Triportheus*. Sardinhas do gênero *Triportheus* são peixes de pequeno porte e sua dentição não é robusta como a de *C. macropomum*. Enquanto que em *C. macropomum* as sementes podem ser trituradas ou passar intactas pelo trato digestório (Anderson *et al.* 2009, 2011), o fato de terem sido capturadas sardinhas apenas com sementes inteiras no trato digestório indica que para *Cecropia* spp. e *L. corymbulosa* as sardinhas não danificam mecanicamente o embrião no interior das sementes, o que aumenta o potencial desses peixes como dispersores destas espécies de plantas.

No que diz respeito à viabilidade das sementes, *Cecropia* spp. apresentou valores elevados e muito próximos do percentual de germinação entre sementes retiradas do estômago (62%) e do intestino (64%). Um estudo conduzido por Mannheimer *et al.* (2002) mostrou que sementes do gênero *Cecropia* obtidas do trato digestório do bagre *Auchenipterichthys longimanus* (Auchenipteridae), conhecido como cangati, quando semeadas em papel vegetal sob regime de radiação manipulado mostraram valores semelhantes de germinação aos encontrados para neste estudo, com a germinação em torno de 44 % das sementes retiradas do estômago e 65% daquelas retiradas do intestino. Assim como nete, naquele estudo a diferença entre esses valores tampouco foi significativa. *A. longimanus*, assim como as espécies de sardinhas estudadas, possui hábito onívoro (Freitas *et al.* 2011). Com isso, os efeitos do processo de digestão, como por exemplo, a exposição ao ácido clorídrico, à pepsina (Jobling 1986), bem como aos diferentes níveis de α -amilase (Kuz'mina 2008), podem ser semelhantes nessas espécies de peixes. Por outro lado, Pilati *et al.* (1999), através de um estudo com o armado, *Pterodoras granulosus* (Doradidae), avaliaram a germinação de sementes de *Cecropia pachystachya* recuperadas de porções diferentes do intestino desses peixes. Nesse caso, a porcentagem de germinação variou nas três diferentes porções do intestino, tendo sido verificada maior porcentagem na porção anterior (95%). Apesar dos autores não terem mencionado o tamanho dos exemplares capturados, *P. granulosus* pode atingir CP de até 700 mm (Queiroz *et al.* 2014), e apresenta um trato digestório um pouco mais alongado. Com isso, mais tempo seria demandado para as sementes percorrerem o intestino até serem excretadas. Além disso, essa espécie utiliza diferentes recursos alimentares em diversos ambientes, consumindo uma variedade folhas de vegetais superiores terrestres e plantas aquáticas flutuantes, as quais possuem difícil digestão (Hahn *et al.* 1992). Nesse caso, é possível que sementes ingeridas juntamente com itens alimentares descritos acima sejam submetidas a um

maior período de exposição à ação dos ácidos digestivos.

Os testes realizados com sementes de *Cecropia* spp. oriundas diretamente das plantas-mãe mostraram 92% de germinação, enquanto que aquelas retiradas do intestino tiveram porcentagem de germinação de 87%. Os resultados aproximam-se daqueles encontrados por Ziburski (1991), onde sementes de *Cecropia latiloba*, após um tratamento de submersão na água, germinaram 96% durante as três semanas de acompanhamento. No presente estudo, os valores finais de porcentagem, velocidade e tempo médio de germinação das sementes obtidas do intestino e aquelas das plantas-mãe foram muito próximos. Assim, a diferença significativa observada nos ritmos de germinação para os dois tratamentos parece ser atenuada ou anulada ao final do processo, quando os valores totais acumulados de germinação se mostraram muito similares.

Para *Laetia corymbulosa* a porcentagem de germinação das sementes retiradas do estômago (49%) e do intestino (44%) foram semelhantes, e assim como para *Cecropia* spp., não houve diferença significativa entre os parâmetros de desempenho germinativo das sementes (IVG e \bar{t}) entre tratamentos. Nenhum outro estudo testou o percentual de germinação desta espécie de planta após o consumo por peixes. Entretanto, para sementes oriundas de plantas-mãe, um estudo realizado por Conserva (2013) encontrou aproximadamente 28% (n=100) de germinação em sementes retiradas diretamente do fruto e testadas sob condições ambientais similares às do presente estudo. Porém, diferente do esperado inicialmente para este estudo, nas sementes das plantas-mãe a porcentagem de germinação foi superior àquele das sementes intactas obtidas do intestino das sardinhas (83% e 50%, respectivamente). Contudo, embora os índices de velocidade de germinação nos dois tratamentos tenham sido próximos, o tempo médio de germinação de sementes de plantas-mãe foi bastante inferior àquele das sementes retiradas do intestino. O teste de Kolmogorov-Smirnov mostrou que há diferença significativa na curva de germinação acumulativa das sementes acompanhadas nos dois tratamentos ao longo dos 120 dias. Em conjunto, os resultados do presente estudo mostram não haver um efeito positivo direto na taxa de germinação de *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa* decorrente da passagem pelo trato digestório das três espécies de *Triportheus*. Ainda que a passagem pelo trato digestório dos peixes não tenha incrementado a germinação de *Cecropia* spp., e tenha reduzido a germinação em *Laetia corymbulosa*, os benefícios da dispersão, levando as sementes para longe da

planta-mãe podem compensar a perda de viabilidade de algumas sementes, ainda mais para as duas espécies de plantas cuja produção de sementes é elevada. Considerando que o recrutamento de sementes é um processo demográfico chave dentro do ciclo de vida das plantas (Janzen 1970; Harper 1977), sua eficácia pode influenciar decisivamente na história de vida das espécies determinando a expansão da área de distribuição de populações e atuando também na conexão de populações de plantas em paisagens fragmentadas (Howe 1982).

Janzen (1970) foi o primeiro a propor que a dispersão de sementes para longe das plantas-mãe é um mecanismo eficaz, diminuindo o risco de mortalidade por sombreamento, competição química (alelopatia) ou predação dos propágulos. Estudos posteriores levantaram três hipóteses sobre o processo de dispersão. A hipótese de “fuga”, que propõe que as sementes dispersas a maiores distâncias da planta-mãe tendem a apresentar menores taxas de mortalidade ocasionada por predadores, que forrageiam as sementes nas imediações da planta-mãe. A hipótese de “colonização ou perturbação” admite que a maior vantagem da dispersão de sementes é a ocupação de habitats diferentes, ainda não colonizados por ela, o que aumenta a chance de estabelecimento de novos indivíduos. Por fim, a hipótese de dispersão “direcionada” questiona a eficiência da dispersão ao acaso e suas implicações caso o local no qual a semente seja depositada não apresente condições favoráveis à germinação e ao subsequente estabelecimento da plântula (Howe 1986; Howe e Smallwood 1982).

Quanto ao papel das sardinhas na dispersão de sementes das duas espécies estudadas, assim que as sementes se tornam disponíveis no ambiente elas são consumidas e podem vir a ser excretadas em diferentes localidades. O processo de deslocamento dos peixes, que dispersa as sementes, ocorre para indivíduos sexualmente maduros, durante o início e o final da estação seca, quando uma parcela dos peixes começa a se organizar em cardumes dando origem à migração à montante do rio principal, onde haverá a desova. Com a subida das águas (enchente e cheia), os peixes se direcionam novamente à jusante em direção à floresta alagável, e lá podem permanecer alimentando-se durante a maior parte do período de inundação (Goulding 1980; Saint-Paul *et al.* 2000). Isto pode limitar a dispersão das sementes consumidas a locais mais próximos da planta mãe nessa fase. Com a proximidade do período de vazante, sardinhas e outras espécies de peixes realizam migrações laterais para fora da várzea antes da retração total da água dos lagos e planícies alagáveis, indo em direção à calha central do rio principal onde se distribuem (Goulding 1980); esse padrão é

também descrito para gêneros variados da ordem Characiformes (*Colossoma*, *Brycon*, *Mylossoma*, *Leporinus*, *Schizodon* entre outros). Para as espécies de *Triportheus* foi relatada a migração de cardumes a distâncias de até 100 km à montante dos rios de águas brancas (Araujo-Lima *et al.* 2003), entretanto, ainda não está claro se essa migração ocorre somente por fins reprodutivos. Assim, o fato de que as sardinhas realizam movimentos migratórios atribui às espécies de *Triportheus* estudadas um papel significativo como agentes potenciais de dispersão de sementes, especialmente em ambientes rio acima, onde o fluxo contínuo das águas do rio não as levaria.

Cecropia spp. e *Laetia corymbulosa* são espécies que produzem elevado número de sementes, Assim, é plausível postular que os peixes não seriam capazes de causar a redução do estoque de sementes disponíveis. Ao invés disso, essa estratégia reprodutiva típica de espécies com frutos carnosos contendo sementes pequenas pode ser altamente vantajosa, pois grandes quantidades por animais que as consomem podem vir a atuar como dispersores (Jordano *et al.* 2006; Horn 2011). Além disso, a retirada das sementes de perto da planta-mãe pode reduzir a predação, um impacto possivelmente maior do que aquele decorrente do consumo por peixes. Do ponto de vista evolutivo, a germinação de uma semente é um processo que dará origem a um novo indivíduo que contribuirá com genes a serem incorporados à população (Jordano *et al.* 2006). O consumo das duas espécies arbóreas por *Triportheus* mostrou que esses peixes são capazes de excretar um percentual de sementes aptas a germinar. Para os peixes, os frutos e as sementes representam uma importante fonte de recurso alimentar oriunda da floresta durante a fase alagável.

Grande parte dos estudos sobre ictiocoria se concentra em peixes frugívoros de grande porte, pelo conjunto de características que estes possuem que são associadas ao sucesso na dispersão, e também ao acentuado interesse comercial sobre algumas dessas espécies ícticas. A crescente diminuição dos estoques pesqueiros na Amazônia em geral (Junk 1982, 1984), vem gerando a substituição de espécies grandes por aquelas de porte menor, na frota de pesqueira de Iquito, no Peru (Tello e Bayley 2001). Em Manaus, as sardinhas, apesar de pequenas estão entre as espécies mais consumidas pela população ribeirinha (Soares *et al.* 2008) e as mais comercializadas nos mercados e feiras, além de serem comumente utilizadas como isca para a pesca de peixes maiores (Batista 1998). Durante o ano de 2003, as três espécies de sardinhas estudadas corresponderam a 9% do total da produção pesqueira desembarcada nos portos dos principais municípios do

Estado do Amazonas (Ruffino *et al.* 2006), sendo sua exploração mais intensa durante o movimento de retorno dos peixes ao rio principal, no final da fase aquática (Batista e Petreire Jr. 2003; Doria e Queiroz 2008), quando o consumo de frutos e sementes ainda está ocorrendo. Desse modo, o efeito da sobrepesca sobre essas espécies não pode ser negligenciado, uma vez que deve afetar negativamente a dispersão de certas plantas por ictiocoria.

Referências Bibliográficas

Agami, M.; Waisel, Y. 1988. The role of fish in distribution and germination of seeds of the sub-merged macrophytes *Najas marina* L. and *Ruppia maritima* L. *Oecologia*, 76, 83–88.

Almeida, R.G. 1984. Biologia alimentar de três espécies de *Triportheus* (Pisces: Characoideil, Characidae) do lago do castanho, Amazonas. *Acta Amazônica*, 14 (1-2): 48-76.

Anderson, J.T.; Saldaña Rojas, J.; Flecker, A.S. 2009. High-quality seed dispersal by fruit-eating fishes in Amazonian floodplain habitats. *Oecologia*, 161: 279-290.

Anderson, J.T.; Nuttle, T.; Saldaña, Rojas, J.S; Pendergast, T.H.; Flecker, A.S. 2011. Extremely long-distance seed dispersal by an overfished Amazonian frugivore. *The Royal Society (Proc. R. Soc. B.)*.

Araujo-Lima, C.A.R.M.; Ruffino, M.L. 2003. In: Carolsfeld, J.; Harvey, B.; Ross, C.; Baer, A. Migratory Fishes of the Brazilian Amazon (Eds): *Migratory Fishes of South America*. World Bank. Canadá. Cap. 6. 233-332.

Ayres, M.; Ayres Jr., M.; Ayres, D.L.; Santos, A.A.S. 2007. *Bio Estat. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências médicas*. 5.ed. Belém, Pará. 339 pp.

Batista, V. 1998. Distribuição, dinâmica da frota e dos recursos pesqueiros da Amazônia Tese de Doutorado apresentada no Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e recursos Naturais. INPA/UFAM. 282 pp.

Batista, V. S.; Petrere Jr., M. 2003. Characterization of the comercial fish production landed at Manaus, Amazonas state, Brazil. *Acta Amazonica*, 33 (1): 53-66.

Claro-Jr, L.H.; Ferreira, E.; Zuanon, J.; Araújo-Lima, C.A.R.M. 2004. O efeito da floresta alagada na alimentação de três espécies de peixes onívoros em lagos de várzea da Amazônia Central, Brasil. *Acta Amazonica*, 34(1): 133-137.

Conserva, A.; Santana, D.G; Piedade, M.T.F. 2013. Características de sementes de espécies arbóreas de importância econômica da floresta de várzea: implicações para programas de conservação ex situ na Amazônia. *UAKARI*, v. 9, n. 2, p. 7-19.

Correa, S.B.; Costa-Pereira, R.; Fleming, T.; Goulding, M.; Anderson, J.T. 2015. Neotropical fish–fruit interactions: eco-evolutionary dynamics and conservation. *Biological Reviews*. 000-000.

Doria, C.R.C; Queiroz, L.J. 2008. A pesca comercial das sardinhas (*Triportheus* spp.) desembarcadas no mercado pesqueiro de Porto Velho, Rondônia (1990-2004): Produção pesqueira e perfil geral. *Revista Biotemas*, 21 (3).

Ferreira, G.A.; Borghetti. 2004. *Germinação: do básico ao aplicado*. Artmed, Porto Alegre. 323 pp.

Ferreira, L.V.; Almeida, S.S.; Parolin, P. 2010. Amazonian white and black water floodplain forests in Brazil: large differences on a small scale. *Ecotropica*, 16:31-41.

Freitas, T.M.; Almeida, V.H.C.; Valente, R.M.; Montag, L.F.A.; 2011. *Neotropical Ichthyology*, 9(3): 629-636.

Forsberg, B.R.; Araujo-Lima, C.A.R.M.; Martinelli, L.A.; Victoria, R.L.; Bonassei, J.A. 2004. *Ecology*, v. 74, n° 3, 643-652.

Galetti, M.; Donatti, C.I.; Pizo, M.A.; Giacomini, H.C. 2008. Big Fish are the Best: Seed Dispersal of *Bactris glaucescens* by the Pacu Fish (*Piaractus mesopotamicus*) in the Pantanal, Brazil. *Biotropica*, 40 (3): 386–389.

Gotelli, N.J.; Ellson, A.M. 2011. *Princípios de estatística em ecologia*. Artemed. Porto Alegre. 527 pp.

Goulding, M. 1980. *The fishes and the forest. Explorations in Amazonian natural history*. University of California Press, Berkeley, CA, USA. 280 pp.

Goulding, M.; Carvalho, M.L.; Ferreira, E.G. 1988. *Rio Negro: Rich life in poor water*. SPB. Academic Publishing. The Netherlands. 190 pp.

Goulding, M. 1983. Amazonian Fisheries. In: E. Moran (Eds.) *The Dilemma of Amazonian Development*. Colorado: Westview Press, 189–210.

Hahn, N.S.; Júnior, A.M.; Fungi, R.; Agostinho, A.A. 1992. Aspectos da alimentação do armado *Pterodoras granulosus* (Ostariophysi, Doradidae) em distintos ambientes do alto rio Paraná. *Revista UNIMAR*, (14): 163-176.

Harper, L.J. 1977. *Population Biology of plants*. Academic Press. Nova York. 892 pp.

Howe, H.F.; Smallwood, J. 1982. Ecology of Seed Dispersal. *Annual Review of Ecology and System* v. ol. 13. p. 201-228.

Howe, H.F. 1986. Seed dispersal by fruit-eating birds and mammals. In: Murray, D.R. *Seed dispersal*. San Diego, Academic Press. p. 123-189.

Horn, M.H. 1997. Evidence for dispersal of fig seeds by the fruit-eating characid fish *Brycon guatemalensis* Regan in a Costa Rican tropical rain forest. *Oecologia*, 109: 259-264.

Horn, M.H.; Correa, S.B; Parolin, P.; Pollux, B.J.A.; Anderson, J.T.; Lucas, C.; Widmann, P.; Tjiu, A.; Galetti, M.; Goulding, M. 2011. Seed dispersal by fishes in tropical and temperate fresh waters: The growing evidence. *Acta oecologia*, 1-17.

Hyslop, E.J. 1980. Stomach contents analysis, a review of methods and their application. *Journal of fish Biology*, 17: 411-429.

Janzen, D.H. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. *American Naturalist*, 104: 501-528.

Jobling, M. 1986. Mythical models of gastric emptying and implications for food consumption studies. *Environmental Biology of Fishes*, v.16, p. 35-30.

Jordano, P.; Galetti, M.A.; Pizo; Silva, W.R. 2006. Ligando Frugivoria e Dispersão de sementes à biologia da conservação. In: Duarte, C.F.; Bergallo, H.G.; Dos Santos, M.A.; V a, A.E. (Eds.). *Biologia da conservação: essências*. Editorial Rima, São Paulo. 433 pp.

Junk, W.J. 1982. Amazonian floodplain: their ecology, present and potential use. *Rev. Hydrobiol.trp*, 15 (4): 285-301.

Junk, W.J. 1984. Ecology, fisheries and fish culture in Amazonia. In: Sioli, H. (Eds) *The Amazon limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Junk Publishers, Dordrecht, Boston, Lancaster. Cap. 17. p. 444 - 475.

Kubitzki, K.; Ziburski, A. 1994. Seed Dispersal in Flood Plain Forests of Amazonia. *Biotropica*, v. 26, No. 1, p. 30-43.

Kuz'mina, V.V. 2008. Classical and modern Concepts in fish digestion. In: Cyrino, J.E.P; Bureau, D.P.; Kapoor, B.G. (Eds): *Feeding and digestive functions of fishes*. Science Publisheres.India. Cap.4.p. 85. 575 pp.

Mannheimer, S.G.; Bevilacqua, E.; Caramaschi, E.P.; Scarano, F.R. 2003 Evidence for seed dispersal by the catfish *Auchenipterichthys longimanus* in an Amazonian lake. *J. Tropical Ecology*, 19: 215–218.

Maia, L.M.A., Santos, L.M.D., Parolin, P. 2007. Seed germination of *Bothriospora corymbosa* (Rubiaceae) recouped of digestive tract of *Triporthus angulatus* (sardinha) in Camaleão Lake, Central Amazonian. *Acta Amazonica* 37, 321-326.

Marlier, G. 1967. Ecological studies on some lakes of the Amazon valley. *Amazoniana*, 1, 91-115.

Oliveira-Wittmann, A.; Piedade, M.T.F.; Parolin, P. Wittmann, F. 2007. Germination in four low-várzea tree species of Central Amazonia. *Aquatic Botany*. 86.197-203.

Parolin, P. 2002. Life history and environment of *Cecropia latiloba* in Amazonian floodplains. *Rev. Biol. Trop.*, 50 (2): 531-545

Petry, P.; Bayley, P.B.; Markle, D.F. 2003. Relationships between fish assemblages, macrophytes and environmental gradients in the Amazon River floodplain. *Journal of Fish Biology*, 63(3): 547-579.

Piedade, M.T.F; Parolin, P.; Junk, W.J. 2006. Phenology, fruit production and seed dispersal of *Astrocaryum jauari* (Arecaceae) in Amazonian black water floodplains. *Rev. Biol. Trop*, v. 54 (4): 1171-1178.

Pilati, R.; Andrian, I.F.; Carneiro, J.W.P. 1999. Desempenho germinativo de sementes de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae), recuperadas do trato digestório de Doradidae, *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1833), da planície de inundação do alto Paraná. *Interciência*, v. 24 n° 6.

Pollux, B.J.A.; Jong, M.; A. Steegh, N. J. Ouborg, J. M.; Van Groenendael; M. Klaassen. 2006. The effect of seed morphology on the potential dispersal of aquatic macrophytes by the common carp (*Cyprinus carpio*). *Freshwater Biology*, 51: 2063-2071.

Pollux, B.J.A. 2010. The experimental study of seed dispersal by fish (ichthyochory). *Freshwater Biology*, 56: 197-212.

Queiroz, L.J.; Torrente-Vilara, G.; Ohara, W.M.; Pires, T. H.; Zuanon, J.; Doria, C.R.C. 2013. *Peixes do rio madeira*. (Eds) Dialetto Latin American Documentary. São Paulo, Brasil. Vol. I. 399 pp.

Röpke, C.P; Amadio, S.A.; Winemiller, K.O.; Zuanon, J. (No prelo) Seasonal dynamics of the fish assemblage in a floodplain lake at the confluence of the Negro and Amazon rivers. *Journal of Fish Biology*.

Roubach, R.; Saint-Paul, U. 1994. Use of fruits and seeds from Amazonian inundated forest in feeding trial with *Colossoma macropomum* (Cuvier, 1818) (Pisces, Characidae). *J. Appl. Ichthyol.*, 10:134-140.

Ruffino, M.L.; Soares, E.C.; Silva, C.O.; Barthem, R.B.; Batista, V.; Estupian, G.; Pinto, W. 2006. *Estatística Pesqueira do Amazonas e Pará 2003*. Manaus: IBAMA; ProVárzea. 76 pp.

Saint-Paul, U.; Zuanon, J.; Correa, M.A.V.; Garcia, M.; Fabrec, N.N.; Berger, U.; Junk, W.J. 2000. Fish communities in central Amazonian white and blackwater floodplains. *Environmental Biology of Fishes*, 57: 235–250.

Santos, L.M.; Maia, L.M.A.; Soares, M.G. 2003. Germinação de sementes de *Bothriospora corymbosa* recuperadas do trato digestório de *Triportheus angulatus* (sardinha) da Amazônia Central. In: *XII Jornada de Iniciação Científica*, PIBIC/INPA. 39-40.

Schöngart, J.; Piedade, M.T.F.; Ludwigshausen, S.; Horna, V.; Worbes, M., 2002. Phenology and stem growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. *J. Trop. Ecol.* 18, 581-597.

Schupp, E.W. 1993. Quantity, quality and the effectiveness of seed dispersal by animals. *Vegetatio* 107/108, 15-29.

Soares, M.G.M; Costa, E.L.; Siqueira, S. F.K; Anjos, H.D.B.; Yamamoto, K.C.; Freitas, C.E.C. 2008. Peixes de lagos do médio rio Solimões. 2. ed. rev.– Manaus: Instituto Ipiatam, 160 pp.

Souza, L.L. 2005. Frugivoria e dispersão de sementes por peixes na reserva de desenvolvimento sustentável Amanã. *Uakari*. 19-17.

Tello, S.; Bayley, P. 2001. La pesquería comercial de Loreto con énfasis en el análisis de la relación entre captura y esfuerzo pesqueiro de la flota comercial de Iquitos, cuenca del Amazonas (Perú). *Folia Amazónica*, 12 (1-2): 123-139.

Vale, J.D. 2003. *Composição, diversidade e abundância da Ictiofauna na área do Catalão Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. INPA/UFAM. Manaus. 80p

Van der Pijl. 1972. Principles of Dispersal in Higher Plants. Springer Verlag. 2 ed. New York. 162 pp.

Wittmann, F.; Parolin, P.; 1999. Phenology of six tree species from Central Amazonian várzea. *Ecotropica*, 5, 51–57.

Wittmann, F.; Junk, W.J.; Piedade, M.T.F.; 2004. The várzea forests in Amazonia: flooding and the highly dynamic geomorphology interact with natural forest succession. *For. Ecol. Manage.* 196, 199–212.

Wittmann, F.; Schöngart, J.; Montero, J.C. Motzer; T.; Junk, W.J. Piedade, M.T.F.; Queiroz, H.L.; Worbes, M. 2006. Tree species composition and diversity gradients in white- water forests across the Amazon Basin. *Journal of Biogeography*, v. 33, n. 8, 1334 – 1347.

Wittmann, F.; Schöngart, J.; Brito, J.M.D.; Wittmann, A.O.; Piedade, M.T.F.; Parolin, P.; Junk, W. J.; Guillaumet, J-L. 2010. Manual of trees from Central Amazonian várzea floodplains. Ed. INPA, Manaus. 1.ed. 286 pp.

Worbes, M.; Klinge, H.; Revilla, J.D.; Martius, C.; 1992. On the dynamics, floristic subdivision and geographical distribution of várzea forests in Central Amazonia. *J. Veg. Science*. 3, 553–564.

Yamamoto, K.C.; Oliveira, A.C.B.; Freitas, C.E.C. 2001. Alimentação de *Triportheus angulatus* (Spix & Agassiz, 1829) no lago Camaleão, Manaus, AM, Brasil. *Acta Amazonica*. 34 (4): 653-659.

Ziburski, A. 1991. Dissemination, Keimung und Etablierung einiger Baumarten der Überschwemmungswälder Amazoniens. *Akad. Wiss. Lit. Mainz. Trop. u. subtrop. Pflanzenwelt* 77 pp.

Considerações Finais

Este estudo registrou a diversidade de espécies de peixes que utilizam frutos e sementes como recurso alimentar em um lago de várzea da Amazônia Central. As sementes da grande maioria das espécies vegetais consumidas se mantiveram viáveis e germinaram após a passagem pelo trato digestório dos peixes. A análise da interação entre três espécies de peixes do gênero *Triportheus* e as sementes de duas espécies arbóreas de várzea, *Cecropia* spp. e *Laetia corymbulosa*, mostraram que a passagem pelo trato digestório dos peixes não promoveu incremento na germinação de *Cecropia* spp. e reduziu a germinação em *Laetia corymbulosa*, em comparação a sementes das mesmas espécies oriundas das plantas-mãe. Entretanto, por se tratarem de espécies de peixes migradores, os benefícios gerados pela dispersão e distanciamento da planta-mãe podem compensar a perda de viabilidade de algumas sementes ou a redução de sua velocidade de germinação. Isto reforça o fato de que o transporte de sementes por meio da ictiocoria pode atuar como um importante vetor na dispersão de espécies vegetais, tanto na colonização em novas áreas distribuídas ao longo dos rios, como principalmente em locais rio acima. Informações biológicas e ecológicas de extrema importância sobre o papel dos peixes na dinâmica de dispersão de sementes, bem como o papel das plantas como fontes de recursos para os peixes, vêm sendo perdidas à medida que a ação humana vem avançando de forma rápida e desordenada sobre as áreas alagáveis amazônicas, especialmente nas várzeas. Neste sentido, a ciência corre contra o tempo para entender essas interações ecológicas e para tentar mitigar as consequências geradas por esses impactos antrópicos.