

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA – INPA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS – UFAM
Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais

**COLONIZAÇÃO VEGETAL EM ÁREAS DE SEDIMENTAÇÃO
RECENTE NA VÁRZEA DA AMAZÔNIA CENTRAL**

SAMMYA AGRA D'ANGELO

Manaus, Amazonas

Setembro, 2009

SAMMYA AGRA D'ANGELO

**COLONIZAÇÃO VEGETAL EM ÁREAS DE SEDIMENTAÇÃO
RECENTE NA VÁRZEA DA AMAZÔNIA CENTRAL**

Orientadora: Dra. Maria Teresa Fernandez Piedade

Co-orientador: Dr. Florian Wittmann

Dissertação apresentada ao Programa Integrado de Pós-graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em **BOTÂNICA**.

Manaus, Amazonas

Setembro, 2009

D182

D'Angelo, Sammya Agra

Colonização vegetal em áreas de sedimentação recente na várzea da Amazônia Central / Sammya Agra D'Angelo.--- Manaus: [s.n.], 2009. xv, 103 f. : il.

Dissertação (mestrado)-- INPA/UFAM, Manaus, 2009

Orientador: Maria Teresa Fernandez Piedade

Co-orientador: Florian Wittmann

Área de concentração: Botânica

1. Inventário florístico. 2. Sucessão vegetal. 3. Banco de sementes. I. Título.

CDD 19. ed. 634.95

Sinopse:

A inundação influencia a riqueza e distribuição de espécies nas florestas de várzea. Devido ao processo de deposição de sedimentos, novas áreas de sedimentação recente estão constantemente surgindo e sendo colonizadas em processos de sucessão primária. Foi estudada a vegetação do estrato herbáceo e arbóreo em uma área de constante perturbação, por meio da caracterização do banco de sementes do solo, da composição de espécies, e análise granulométrica, com objetivo de conhecer a sua composição e diversidade florística, e descrever processos de sucessão em uma ilha recentemente formada no baixo Rio Solimões.

Palavras-chave:

Composição vegetal, pioneiras, sucessão, banco de sementes.

AGRADECIMENTOS

À Deus, que sempre está ao nosso lado mesmo quando só lembramos de pedir.

À minha orientadora Dra. Maria Teresa Fernandez Piedade, pela paciência, ajuda e acima de tudo, por estar presente nos momentos mais críticos dessa minha pequena jornada;

Ao Dr. Florian Wittmann, amigo e chefe nas medidas certas, pela orientação e literais discussões tão bem vindas para elaboração desse trabalho;

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, em convênio com a Universidade Federal do Amazonas, pelo apoio oferecido para a realização do curso de mestrado em Botânica;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

Aos Projetos INPA/Max-Planck, PRONEX (FAPEAM/CNPq/2007, MTF Piedade) e Universal (CNPq/2007, MTF Piedade) pelo financiamento e suporte logístico para as atividades de campo e de laboratório;

À Embrapa Amazônia Ocidental, pelas análises de solo, em especial ao Estevão e à Mirilete;

Ao curso de Botânica, representado pela Dra. Maria Lúcia Absy; às secretárias Neide, Gyselle e Jéssica; e aos colegas de turma, Ayumi, João Victor, Jinny e Rosângela;

A todos os professores do curso, em especial aos que participaram do processo de avaliação, professores Antônio Webber, Flávio Luizão, Gil Vieira, Jean-Louis Guillaumet, José Luis Camargo e a professora Zilvana Loulenço. Além dos professores colaboradores Dr. Arnildo Pott (Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS) e Dr. Sidinei Magela (Universidade Estadual de Maringá - EM).

À Astrid Wittmann, grande “amiga de fé e irmã camarada”, que me ajudou a achar o caminho certo no meio das confusões da dissertação;

À Lúcia Helena, Nando, Anne e Auristela, meus irmãos de coração nos momentos felizes e difíceis da minha vida;

Aos amigos Ana, Tito, Sarita, Pati, Emílio, Wilson, Bill, Susan, Cacá e Tia Dadá, que confiaram e apoiaram antes e durante;

À Aline Lopes, “auxiliar” para assuntos não tão aleatórios, sou muito grata por toda ajuda para análise estatística dos dados. “Quebrou verdadeiros galhos de Samaúma”;

Aos técnicos,

Celso Rabelo Costa, pela orientação de campo, amizade e, sobretudo por suportar meus inúmeros lamentos; **Valdeney** de Araújo Azevedo, por ser tão “jeitoso” com nosso trabalho e incansável companheiro de campo; **Mário** Luiz Picanço, pela força bruta e determinação; Francisco da **Fonseca** da Silva; **Luis** Cosmo Furtado da Silva; José Carlos (**Carlito**) Freitas, todos de grande ajuda durante os diversos e literais atoleiros desse trabalho;

Aos amigos do Projeto INPA/Max-Planck e “agregados”,

Joneide, Wallace, Rafael, Dr. Jochen Schöngart, Dr. Junk, Juliana, Edivaldo, Tati, Lúcia, Terezinha, Rubens Piedade, Cristiane Ferreira, Sônia, Maria Astrid, Daniel, Manoela, Christiane Lopes, companheiros de trabalhos que de alguma maneira me ajudaram no decorrer desse trajeto.

E a todos que por algum descuido, dado meu recesso mental, tenha esquecido de mencionar, mas que acreditaram e torceram por mim.

Meu muitíssimo obrigado

*Aos meus pais João D'Angelo e Zuleide Agra
que indiscutivelmente são a base de toda minha existência*

*Aos meus sobrinhos queridos
Camila (Gigante) e João (Jonny Queda) e
meus irmãos Marilyn e Ariel.*

*E principalmente,
à Hermógenes Neto
meu companheiro das horas certas, incertas e mais que estressadas
e
à minha razão de viver,
Rebeca,
a filha que amo “tanto, tanto que nem alcanço”.*

Dedico

*À memória de minha mãe Rosinha (vó materna) que me criou, ensinou a rezar e foi uma das pessoas mais
inteligentes e guerreiras que conheci*

Ofereço

RESUMO

As áreas alagáveis são áreas de alta diversidade biológica e possuem uma grande variedade de habitats em um gradiente que oscila entre aquático e terrestre. Os movimentos da água, erosão e deposição de sedimentos influenciam fortemente a estrutura da comunidade vegetal, pois afetam a estabilidade do habitat. O conhecimento sobre presença, densidade e composição florística do banco de sementes nas áreas alagáveis é primordial para identificar a riqueza das espécies potencialmente disponíveis para a regeneração do ecossistema. Neste trabalho, estudou-se a vegetação dos estratos herbáceo e arbóreo em uma ilha em processo de deposição na várzea das cercanias de Manaus, a Ilha Nova. O estudo teve a duração de dois anos e nele foi feita a caracterização granulométrica do solo, do banco de sementes e da estrutura das espécies de plantas estabelecidas, com o objetivo de conhecer a sua composição e diversidade florística, e descrever os processos de sucessão da ilha. As coletas de dados foram feitas durante a fase terrestre do ciclo hidrológico em 24 parcelas estabelecidas na superfície da ilha, para medidas de estrutura arbórea e biomassa de herbáceas. Em 12 pontos da parte de maior declive, ao Norte da ilha, foi coletado substrato em três profundidades (0,5 m; 1 m e 1,5 m), a fim de caracterizar o banco de sementes; a germinação foi acompanhada em casa de vegetação no INPA, Manaus, durante quatro meses, nos quais foram feitas a contagem e identificação de todos os indivíduos germinados. Foram calculados índices de valor de importância e de similaridade florística entre as parcelas e as plantas germinadas. Para os testes estatísticos foi usado o pacote estatístico Systat 12.0, o PCOrd 4.0 e Comudata. A Ilha Nova é composta predominantemente de plantas arbóreas pioneiras como *Cecropia* sp. e *Salix martiana*, e as espécies herbáceas *Echinochloa polystachya* e *Paspalum fasciculatum*. O substrato da ilha apresenta maior percentual de areia, o que favorece a germinação de espécies que toleram altas taxas de sedimentação. Grupamentos de *Cecropia* sp., e indivíduos de *Alchornea castaneifolia* e *Pseudobombax munguba* foram encontradas na porção leste da Ilha, que recebe sedimentos mais finos, enquanto na porção oeste, com sedimentos mais grossos foram encontrados grupamentos de *Salix martiana*. Ao contrário das arbóreas as espécies herbáceas não mostraram relação com a granulometria. O processo de sucessão primária nas áreas de várzea tem início com as pioneiras herbáceas, seguidas das arbóreas, uma sequência de colonizadoras tardias, até ser atingido o estágio clímax. Pela baixa representatividade florística das espécies secundárias tardias em relação às pioneiras, incluindo a alta densidade apresentada pelo grupo das herbáceas, a ilha encontra-se em estádios ainda iniciais de sucessão primária. Na amostragem em profundidade foram encontradas sementes viáveis, porém, menos de 20 % da composição florística foi similar à vegetação encontrada na superfície da Ilha. Enquanto que na superfície da Ilha Nova predominavam espécies de Poaceae, no banco de sementes predominavam Cyperaceae. Não houve diferença significativa na abundância e riqueza de espécies nas três profundidades avaliadas, e a maior proporção de germinação ocorreu até a terceira semana de observação. O estudo mostra a existência de um banco de sementes na várzea, com diásporos pequenos que podem ser facilmente dispersados pelo vento e pela água. As sementes não perdem sua viabilidade quando enterradas a 1,5 m de profundidade, e lá podem permanecer por mais de um ano, o que pode indicar a formação de um banco de sementes persistente.

ABSTRACT

The Amazon floodplains are areas of high biodiversity presenting a variety of habitats, which range from permanently aquatic to almost terrestrial. Water currents and oscillations, and the erosion and deposition of sediments affect the habitat stability and strongly influence the structure of plant communities. Information on the presence, density and the floristic composition of seed banks is essential for identifying species richness and regeneration patterns in this ecosystem. The present study investigated the herbaceous and arboreal vegetation of a young island (Ilha Nova) subjected to sediment deposition in the várzea near the city of Manaus. Species richness and vegetation structure, seed banks, and soil texture were investigated over a two years period in order to better understand the processes of plant succession in this peculiar environment. Structure and biomass of the herbaceous and arboreal community was inventoried in 24 plots during the terrestrial period. To characterize the seed bank, substrate samples were collected at 0.5, 1.0, and 1.5 m depth in each 12 points of the North of the island, where slope was comparatively high, and transported to the greenhouse of the INPA, Manaus. Germination of seeds present in these samples was monitored during a period of four months, and seedlings were quantified and determined in species and/or morpho-species. Total Importance Values (TIV) and the floristic similarity between vegetation plots and germinated plants were determined. The statistical analyses were performed using the computer programs Systat 12.0, 4.0, PCOrd and Comunidata. The vegetation of Ilha Nova is mainly composed of the pioneer trees *Cecropia* sp. and *Salix martiana*, and of the herbaceous species *Echinochloa polystachya* and *Paspalum fasciculatum*. The substrate is mainly composed of sand, which favors germination of species that tolerate high sedimentation rates. The tree species *Cecropia* sp., *Alchornea castaneifolia*, and *Pseudobombax munguba* concentrated on the eastern part of the island, which is characterized by fine-grained substrates, whereas *S. martiana* concentrated on the western part of the island, where substrate grain-sizes are relatively coarse. Conversely, the distribution of herbaceous species was not related to substrate texture. In the várzea, primary succession initiates with pioneer herbaceous plants, which are replaced by pioneer trees. In later successional stages, pioneer trees are replaced by secondary forest, and succession tends to reach the community climax. As the present inventory was poor in secondary tree species, the high abundance of herbaceous and pioneer tree species suggests that the Ilha Nova is still under development of primary successions. All investigated substrate depths contained viable seeds; however, floristic similarity between germinated plants and the island's standing vegetation was less than 20%. The seed bank was dominated by Cyperaceae, whereas the island's vegetation was dominated by Poaceae. Abundance and species richness showed no significant relation to substrate depth, and germination was highest in the first three weeks of the germination experiment. These results confirm the existence of seed banks in the várzea, with it seeds mostly being small and thus most probable to be dispersed by water and wind. Seeds remain viable even when buried by sediments of 1.5 m depth and over periods > 1 year, thus indicating a permanent seed bank.

SUMÁRIO

Ficha catalográfica.....	ii
Sinopse	ii
Agradecimentos.....	iii
Dedicatória	v
Resumo	vi
Abstract.....	vii
Lista de Tabelas.....	x
Lista de Figuras	xi
1. Introdução.....	1
2. Objetivo Geral	6
2.1 Objetivos Específicos	6
3. Hipóteses	6
4. Material e Métodos.....	7
Capítulo 1: Levantamento florístico e o processo de sucessão em uma ilha recém sedimentada de várzea do rio Solimões na Amazônia Central.....	10
Resumo	10
1. Introdução.....	11
2. Material e Métodos.....	15
3. Resultados.....	22
4. Discussão	33
5. Conclusões.....	40
Capítulo 2: Composição do banco de sementes do solo em uma ilha jovem da várzea da Amazônia Central.....	41
Resumo	41
1. Introdução.....	42
2. Material e Métodos.....	44
3. Resultados.....	49
4. Discussão	58
5. Conclusões.....	64

Considerações finais	65
Referências bibliográficas	67
Anexo 1	82
Anexo II.....	86

Lista de Tabelas

Capítulo 1: Levantamento florístico e o processo de sucessão em uma ilha recém sedimentada de várzea do rio Solimões na Amazônia Central.

Tabela 1 – Lista de espécies arbóreas com suas respectivas famílias, mostrando sua ocorrência nas 24 parcelas, abundância e o Índice de Valor de Importância (IVI) na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....23

Tabela 2 – Número de indivíduos por espécie, distribuídas em cinco classes de diâmetro: (1) DAP < 5; (2) DAP 5-9,9; (3) DAP 10-19,9; (4) DAP 20-29,9 e (5) DAP \geq 30; e a diversidade em cada classe diamétrica na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....24

Tabela 3 – Número de indivíduos por espécie, distribuídas em quatro classes de altura: (1) < 5; (2) < 10; (3) < 15 e (4) < 20, e a diversidade em cada classe na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....25

Tabela 4 – Valores de biomassa (g) das espécies herbáceas em cada uma das parcelas (1m²) amostradas em novembro de 2008 na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. As parcelas 1 a 8 (área 1), 9 a 16 (área 2), e 17 a 24 (área 3), estão localizadas, respectivamente, na parte leste, central e oeste da área amostral.....28

Tabela 5 – Percentual de areia, silte e argila, e classificação textural do solo nas 24 parcelas da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....29

Capítulo 2: Composição do banco de sementes do solo em uma ilha jovem da várzea da Amazônia Central.

Tabela 1 – Lista das 31 espécies e morfotipos encontradas no banco de sementes de solo no período de 4 meses, n° de indivíduos, com seus respectivos índices de velocidade de germinação (IVG), nas amostras obtidas nas profundidades A (0,50 m), B (1 m) e C (1,5 m) na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....51

Tabela 2 – Riqueza e abundância (n° de indivíduos) de espécies, e granulometria nos pontos de coleta para as diferentes profundidades: 0,5 m; 1 m e 1,5 m na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....52

Tabela 3 – Número de indivíduos germinados em cada ponto de coleta, nas profundidades A = 0,5 m, B = 1 m e C = 1,5 m na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....55

Tabela 4 – Germinação acumulada (%) durante os 4 meses de observação nas amostras de solo coletadas a 0,5 m, 1 m e 1,5 m na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....57

Lista de Figuras

Introdução

Figura 1 – Área de estudo mostrando a localização da Ilha da Marchantaria em relação à Ilha Nova, ambas localizadas no Rio Solimões 3°15’S, 59°55’O a 20 km de Manaus, AM. Por convenção, Lado A e Lado B, ao Norte e Sul da Ilha Nova, respectivamente. (Imagem Landsat TM; Fonte: INPE, 2002).....7

Figura 2 – (a) Estágio inicial de sucessão em uma ilha jovem no rio Solimões (“Ilha Nova”), entre o paraná do Curari e a Ilha da Marchantaria (b) Agricultura de subsistência em vários locais da Ilha (Foto: 19 de dezembro de 2007).....8

Figura 3 – Altura dos barrancos da Ilha Nova no limite máximo de 8 m (Lado A) e 6 m (Lado B), quando a cota de inundação foi de 17,81 m acima do nível do mar, no dia 10 de outubro de 2007.....9

Figura 4 – Valores médios mensais do nível das águas do Rio Negro (metros acima do nível do mar), tributário do Rio Amazonas, desde a data aproximada do surgimento da Ilha Nova em 1990 até 2007 e no ano de coleta em 2008. Fonte: Porto de Manaus.....9

Capítulo 1: Levantamento florístico e o processo de sucessão em uma ilha recém sedimentada de várzea do rio Solimões na Amazônia Central.

Figura 1 – Vegetao em três locais da Ilha Nova na Amazônia Central: rea 1 ocupada com predominância de herbáceas e em parte por espécies arbóreas; área 2 ocupada com predominância de espécies arbóreas e em parte por herbáceas; área 3 ocupada por espécies herbáceas e arbóreas, sem predominância aparente de estratos vegetais.....16

Figura 2 - Esquema ilustrativo do estabelecimento das 24 parcelas (1,5 ha) de 625 m² distando da margem do rio, sentido Norte-Sul, 20, 70, 70, 120, 70 e 120 m, até os sítios 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente. A linha pontilhada se refere a divisão das três áreas citadas

anteriormente. Área de cultivo (*). Em detalhe a direita, as 24 parcelas georefenciadas em cada canto do quadrado (parcela) na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. Como exemplo, estão em destaque na imagem, três pontos georefenciados das parcelas 01, 09 e 17. (Imagem Landsat TM; Fonte: INPE, 2009).....17

Figura 3 – Marcação das parcelas com trena e demarcação do quadrado, com estacas e fita plástica, na área amostral – Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....17

Figura 4 – Coleta de amostras para biomassa, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, com (a) uma armação em tubo PVC de 1 m² e (b) uma tesoura de poda para retirada de todo volume vegetal acima da superfície do solo.....19

Figura 5 – Coleta de solo a 10 cm de profundidade, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. Em (a) detalhe do trado retirando a amostra do solo e (b) retirada do material do trado para armazenar no saco plástico.....20

Figura 6 – Percentual de indivíduos por espécie nas 3 áreas da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central: área 1, com as parcelas 1 a 8; área 2, parcelas 9 a 16; e área 3, com as parcelas 17 a 24. A categoria outras representa as espécies com menos de 10 indivíduos (< 1 %)......22

Figura 7 – Número de indivíduos das diferentes espécies, distribuídas em cinco classes diamétricas: (1) DAP < 5; (2) DAP 5-9,9; (3) DAP 10-19,9; (4) DAP 20-29,9 e (5) DAP ≥ 30, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....24

Figura 8 – Número de indivíduos das diferentes espécies, distribuídas em quatro classes de altura: (1) < 5; (2) < 10; (3) < 15; e (4) < 20 m de altura, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....25

Figura 9 – Percentual de biomassa por espécie nas áreas: 1 (parcelas 1 a 8); 2 (parcelas 9 a 16) e 3 (parcelas 17 a 24) na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. A categoria outras se refere às 10 espécies que apresentaram menos de 10 % de biomassa em cada sítio.....26

Figura 10 – Indivíduos de *Echinochloa polystachya* em decomposição, no início da fase terrestre, presos ao tronco de árvores da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....27

Figura 11 – Abundância de espécies arbóreas com relação ao (a) % de areia, (b) % de silte e (c) % de argila, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....30

Figura 12 – Correlação entre espécies arbóreas, presentes na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, e percentual de argila no eixo 1 da MDS. Relação negativa Eixo 1 x argila ($p < 0,0001$).....30

Figura 13 - Abundância de herbáceas com relação ao (a) % de areia, (b) % de silte e (c) % de argila, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....31

Figura 14 – Relação não significativa entre a distância (DIST) das parcelas e a composição (COMP) de árvores e herbáceas (teste de Mantel e Bray-Curtis), na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....32

Figura 15 – Número de espécies presentes nas 24 parcelas (1,5 ha) da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. Na categoria “outras” estão incluídas as 19 famílias representadas por uma única espécie e as 8 espécies não identificadas.....33

Capítulo 2: Composição do banco de sementes do solo em uma ilha jovem da várzea da Amazônia Central.

Figura 1 - Área de estudo mostrando a localização da Ilha da Marchantaria (escala) em relação à Ilha Nova, ambas localizadas no Rio Solimões 3°15'S, 59°55'W a 20 km de Manaus, Am. (Imagem Landsat TM; Fonte: INPE, 2002 e 2009, respectivamente).....45

Figura 2 – Extremidade Oeste com predominância de *Cynodon dactylon* (a) e extremidade Leste sem vegetação aparente (b), na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....45

- Figura 3 – Pontos de coleta de solo a cada 300 m de distância, com três profundidades diferentes: A (0 a 50 cm), B (51 a 100 cm) e C (101 a 150 cm) e três réplicas em cada coleta, para amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....46
- Figura 4 – Casa de vegetação do projeto INPA/Max-Plank, localizada no campus I – Bosque da Ciência (INPA).47
- Figura 5 – Casa de vegetação do projeto INPA/Max-Plank em Manaus, Amazonas, com 105 bandejas (21 x 34,5 x 7 cm) com solo para germinação, dos 12 pontos coletados na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, sob 70 % de radiação solar.....48
- Figura 6 – (a) msp 6, morfotipo observado até a germinação e (b) msp 3, morfotipo desaparecido antes de ser identificado na amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....50
- Figura 7 – Riqueza de espécies germinadas, na amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, em relação ao tipo de solo. (a) e (b) representam a diferença significativa entre os diferentes tipos de solo.....53
- Figura 8 – Abundância de espécies na amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central em relação ao percentual de (a) areia, (b) silte e (c) argila.....54
- Figura 9 – (a) Abundância e (b) riqueza das famílias Cyperaceae e Poaceae na amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....56
- Figura 10 – Número de indivíduos germinados durante os 4 meses de experimento, nas profundidades 0,5 m, 1 m e 1,5 m da amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.....56

1. Introdução

A Amazônia é caracterizada por grandes extensões de floresta densa, com uma grande diversidade florística e elevada biomassa, genericamente denominada de floresta tropical úmida ou floresta tropical pluvial (Schubart, 1983).

A floresta associada à bacia do rio Amazonas é a maior floresta tropical no mundo e tem grande significado ecológico. Abriga em torno de 30.000 espécies de plantas, sendo assim a mais diversa comunidade de plantas na Terra (Wagner, 2007). Basicamente, a vegetação da Amazônia pode ser dividida na vegetação dos terrenos holocênicos, freqüentemente inundados, e na vegetação de terra firme (Schubart, 1983), em terrenos mais antigos que o Holoceno.

Além dos sistemas aquáticos e terrestres, existe um grupo intermediário de ambientes com características comuns a ambos os sistemas, chamado de áreas úmidas. O termo se refere a ambientes cujos solos são periodicamente ou permanentemente encharcados ou cobertos com uma camada rasa de água, e estima-se que cerca de 20 % da Bacia Amazônica pertençam a essa categoria (Junk, 1993; 1998). As áreas úmidas podem ser submetidas a diferentes regimes hídricos, o que permite reuni-las em dois grupos: (i) aquelas onde as condições ecológicas são relativamente estáveis, como em pântanos, e (ii) aquelas onde as condições ecológicas são muito dinâmicas, com os sistemas oscilando entre condições puramente aquáticas a puramente terrestres (Junk *et al.*, 1989; Junk, 1996; 1998). Áreas periodicamente inundadas pelo transbordamento lateral de rios e lagos, e/ou pela precipitação direta, ou pela água do subsolo (Junk *et al.*, 1989), pertencem ao segundo grupo e constituem as áreas alagáveis, que cobrem 6 % da área da Bacia Amazônica brasileira, o que corresponde a 300.000 km² (Junk, 1993; Junk & Piedade, 2004).

As áreas alagáveis são consideradas de alta diversidade biológica, importantes corredores de filtragem da terra firme, reservatórios de água potável, sítios de retenção da água durante a inundação, e ambientes importantes na regulação do sistema fluvial e preservação dos corpos de água (Junk, 1997; Junk *et al.*, 2000). Além disso, suas florestas favorecem a deposição de sedimentos suspensos na água e preservam as margens dos principais rios amazônicos contra a erosão lateral, servindo como reservatório alimentar para muitas espécies de peixes, base protéica para as populações locais. Servem também como refúgio para muitas espécies raras de animais, e habitats para várias espécies de plantas e animais endêmicos e extremamente adaptados às oscilações periódicas do nível da água.

Adicionalmente, as áreas alagáveis amazônicas possuem um alto valor recreacional e, por serem ricas em recursos naturais, são as regiões rurais mais densamente povoadas na Amazônia, tanto historicamente como no presente (Junk, 1997; Junk, *et al.*, 2000).

O pulso de inundação, característico das planícies de inundação em regiões tropicais, é a principal força que determina os processos dentro das áreas alagáveis, mantendo seu equilíbrio dinâmico, sendo responsável pela existência, produtividade e interações de sua biota (Junk *et al.*, 1989; Junk, 1996; 1997). Esse pulso pode ser de curta ou longa duração, previsível ou imprevisível, de grande ou pequena amplitude (Junk *et al.*, 1989). Nas áreas alagáveis dos grandes rios da Amazônia Central, o pulso de inundação é previsível e tem uma amplitude média de 10 m (Junk, 1989a). A existência de um pulso de inundação regular desde o Terciário favorece o desenvolvimento de várias adaptações anatômicas, morfológicas e metabólicas para as plantas. A grande variedade de habitats aliada a essas múltiplas adaptações resulta em uma grande diversidade de espécies nesses ambientes (Junk, 1989a; 1999).

No período de inundação, a matéria orgânica produzida na fase terrestre é transferida para a fase aquática e pode ser aproveitada pelos organismos aquáticos, tanto na forma direta pelo consumo desta matéria, quanto na forma indireta, pelo aproveitamento de nutrientes reciclados durante sua decomposição. O mesmo ocorre na seca, com o material produzido na fase aquática (Junk, 1998).

A história do período Quaternário da região Amazônica é caracterizada pela deposição de sedimentos provenientes dos Andes e pela influência das mudanças do nível do mar (Irion *et al.*, 1994; 1995). Isso inclui pelo menos três diferentes tipos de processos de sedimentação em larga escala. Um é a sedimentação próxima à área dos Andes e os outros são as formações de áreas inundáveis no Brasil ocidental e a sedimentação nos principais vales do Rio Amazonas. Além da sedimentação, também podem ser consideradas como importantes fases desse período as alterações geoquímicas das superfícies nas áreas não alcançadas pela água. O sistema de drenagem dos rios mudou rapidamente, tanto sob influência dos movimentos tectônicos, como pelo resultado da acumulação de sedimentos. Durante o período de subida do nível do mar, como por exemplo, nas eras interglaciais do Pleistoceno e Holoceno, extensas áreas da Amazônia ocidental foram dominadas pelo sistema aquático de água doce. Durante a descida do nível do mar, como durante as eras glaciais, as áreas inundáveis eram geologicamente inativas e estavam erodidas próximo aos canais principais (Irion *et al.*, 1995).

A relação entre a hidroquímica e a geologia das áreas de captação dos grandes rios amazônicos se reflete na formação de suas planícies inundáveis (Sioli, 1968) e resulta em

grandes diferenças na fertilidade da água, dos solos e da sua produtividade natural (Furch, 1997; Junk, 1998). Por essa razão, as planícies inundáveis associadas aos grandes rios foram classificadas em dois tipos principais: as várzeas e os igapós (Prance, 1979).

Os igapós constituem a menor fração de áreas alagáveis, apenas 2 % (aproximadamente 100.000 Km²) da bacia, e são alagados por rios de águas pretas ou claras, ácidas e pobres em nutrientes e material suspenso; estes rios são originados em áreas geologicamente antigas do escudo das Guianas e do Brasil Central (Sioli, 1968; 1991; Prance, 1979; Junk, 1993). Essas áreas possuem formações de rochas Pré-cambrianas já bastante erodidas e aplainadas, formando amplas regiões de areias brancas, pobres em argilo-minerais (Klinge *et al.*, 1983; 1984; Furch, 1997; Junk, 1998).

As florestas de várzea perfazem 4 % (aproximadamente 200.000 km²) da bacia amazônica e são alagadas por rios de água branca ou barrenta, com pH próximo da neutralidade e ricas em nutrientes e material suspenso; estes rios são originados na região oeste da bacia, nas regiões montanhosas dos Andes e nas áreas pré-Andinas (Sioli, 1968; Prance, 1979; Furch, 1984; Junk, 1984). Os solos dessas áreas são formados, principalmente, por rochas sedimentares alcalinas, relativamente recentes e, portanto, ainda sujeitas a intensos processos erosivos que produzem grande quantidade de sedimentos ricos em argilo-minerais, que contém elementos como K, Ca, Mg e Na (Junk, 1993; 1998; Furch, 1997).

1.1 Ambientes de várzea

A várzea é um sistema complexo composto de lagos, águas represadas, canais de rios, diques, ilhas, furos e paranás (Irion *et al.*, 1983; Junk, 1983). A formação da várzea pode ser explicada da seguinte maneira: 75.000 anos atrás, o nível do mar esteve cerca de 100 m abaixo do nível atual por cerca de 50.000 anos (Fairbridge, 1961). Em consequência do rebaixamento do nível do mar, o rio Amazonas e seus tributários formaram vales. A subsequente subida do nível do mar, até o seu nível atual, provocou um represamento dos rios nos seus próprios vales, tendo efeito no vale do Amazonas até o sopé dos Andes. Depois os rios começaram a encher seus vales afogados com sedimentos recentes conforme sua carga sedimentária. Foi alcançado um novo equilíbrio que inclui amplos processos de sedimentação e erosão na própria várzea, que está sendo modificada permanentemente pela atividade do rio (Junk, 1980). Assim, a várzea pode ser considerada como uma extensão geoquímica dos Andes (Irion *et al.*, 1997).

Na maioria dos lagos de várzea, os sedimentos são estratificados e depositados na forma de pequenos sulcos. Na enchente, a água entra através dos canais, transportando uma carga de grãos finos, como silte e argila (0,062 a 0,004 mm e <0,004 mm, respectivamente, de acordo com escala de Wentworth, 1922) para dentro da bacia dos lagos; depois na cheia, com a correnteza alta, são transportados sedimentos relativamente grossos, como a areia (> 0,062 mm, escala de Wentworth, 1922), para dentro da bacia dos lagos. Quando o nível da água diminui e a água é lentamente drenada pela correnteza, são depositados os grãos finos de materiais suspensos que ainda estão presentes na água do lago (Irion *et al.*, 1997). Em geral, a sedimentação é mais alta e a textura do substrato é mais grossa perto dos canais dos rios, enquanto a sedimentação é menor e a textura do substrato é mais fina longe dos rios, onde a água perdeu sua turbulência.

A várzea é fundamental para a região devido às atividades econômicas nela desenvolvidas, como a agricultura e bovinocultura. Além disto, esses ambientes são de grande importância ecológica para os peixes e, conseqüentemente, para a pesca, já que muitos frutos das espécies arbóreas são fontes de alimento para espécies de peixes comerciais existentes na região (Goulding, 1980; Junk, 1989b; 1998). O extrativismo madeireiro é também de grande relevância nas várzeas com uma produção anual de madeira em tora girando ao redor de 3 milhões de metros cúbicos ou 10% da produção da Amazônia legal (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, IBAMA, 2000).

1.2 Vegetação da várzea

A vegetação inundável está inserida em um gradiente de diferentes níveis de inundação, que definem habitats desde permanentemente aquáticos, nas cotas mais baixas, até totalmente terrestres, nas cotas mais altas (Junk, 1989a). Nestas áreas, a inundação anual média é de 10 m, entretanto, pode alcançar até 15 m (Junk & Howard-Williams, 1984; Junk, 1989a; Irion *et al.*, 1995; Junk & Weber, 1996), o que, conforme a altura de relevo considerada, corresponde a um tempo de inundação que chega a 270 dias por ano (Wittmann *et al.*, 2002; 2004). Assim, algumas espécies de plantas herbáceas e arbóreas podem permanecer mais de seis meses com seus sistemas radiculares, porções inferiores dos caules ou troncos, ou até a planta inteira sob condições de submersão, enquanto que nos meses restantes do ano predominam as condições de ambiente terrestre com regimes de seca variáveis (Junk, 1993; Parolin, 2000; Piedade *et al.*, 2000).

Todo ano na várzea Amazônica são depositadas novas áreas sujeitas à colonização vegetal. Apesar da influência da inundação na riqueza e distribuição de espécies nas florestas de várzea e da influência da sedimentação e as características físicas do solo no estabelecimento de diferentes tipos florestais (Wittmann *et al.*, 2004), ainda não se sabe como os bancos de sementes contribuem para a colonização de áreas abertas em ambientes alagáveis. Devido à dinâmica intrínseca a esses sistemas, novas áreas de sedimentação recente estão constantemente surgindo e sendo colonizadas em processos de sucessão primária.

A dinâmica de formação de ilhas é o mais claro exemplo da velocidade de deposição sedimentar em áreas alagáveis de várzea. As plantas herbáceas são as primeiras a surgir no processo de sucessão (Worbes *et al.*, 1992). As gramíneas aquáticas, como *Echinochloa polystachya*, *Paspalum fasciculatum* e *P. repens*, são adaptadas à dinâmica de deposição de sedimentos e formam extensos grupamentos monoespecíficos, cuja propagação é predominantemente vegetativa, formando novas rebrotas nas camadas superiores dos sedimentos, o que acelera os processos de deposição de novas cargas sedimentares (Piedade *et al.*, 2005b), e garante a estabilidade do sistema para a posterior colonização por espécies arbóreas.

Para melhor entender os aspectos ecológicos que afetam os processos de estabelecimento e sucessão inicial da vegetação nas áreas inundáveis dos grandes rios amazônicos, foi estudada a colonização vegetal de uma ilha de aproximadamente 15 anos, na várzea do rio Solimões, nas cercanias de Manaus.

2. Objetivo Geral

Para saber se existe um banco de sementes e como ele contribui para o processo de sucessão na várzea da Amazônia Central, este trabalho se propôs a investigar a composição de espécies do banco de sementes do solo e identificar as plantas já estabelecidas na superfície de uma ilha jovem no rio Solimões / Amazonas.

2.1 Objetivos Específicos

- (1) Monitorar a germinação no banco de sementes;
- (2) Realizar levantamento florístico das espécies herbáceas e arbóreas estabelecidas no sítio amostral;
- (3) Determinar a similaridade florística entre o banco de sementes e a vegetação já estabelecida;
- (4) Descrever, com base nos resultados obtidos, o processo de sucessão que ocorre em uma ilha recém sedimentada de várzea do rio Solimões.

3. Hipóteses

H₁ – O banco de sementes em áreas de várzea é formado por espécies herbáceas e arbóreas.

H₂ – É possível encontrar sementes viáveis em diferentes profundidades do perfil de solo.

H₃ – Quanto maior a profundidade, menor a germinação.

H₄ – Há similaridade florística entre as espécies encontradas no banco de sementes e as espécies encontradas na Ilha.

4. Material e Métodos

4.1 Área de estudo

É denominado rio Solimões o trecho do rio Amazonas compreendido pela sua porção brasileira, desde a fronteira do Peru até a desembocadura do rio Negro; este rio apresenta marcada flutuação de nível da água nas cercanias da cidade de Manaus (Irion *et al.*, 1983), com amplitude média de 10 m (Junk, 1989a). Em função desta flutuação, o rio Solimões permanentemente deposita sedimentos em algumas áreas, enquanto que em outras ele erode as margens. Como resultado da recorrente deposição de sedimentos, novas praias e ilhas são constantemente formadas (Junk, 1983), de tal maneira que ao longo do curso do rio Solimões são encontradas ilhas de várias dimensões (Piedade, 1988).

A área de estudo localiza-se em uma ilha jovem do rio Solimões nas coordenadas $3^{\circ}15'S$, $59^{\circ}55'O$, entre a comunidade paraná do Curari (município do Careiro da Várzea) e a Ilha da Marchantaria, distando cerca de 20 km da cidade de Manaus, Amazonas (Figura 1). Para efeito do presente estudo essa ilha será denominada de “Ilha Nova”.

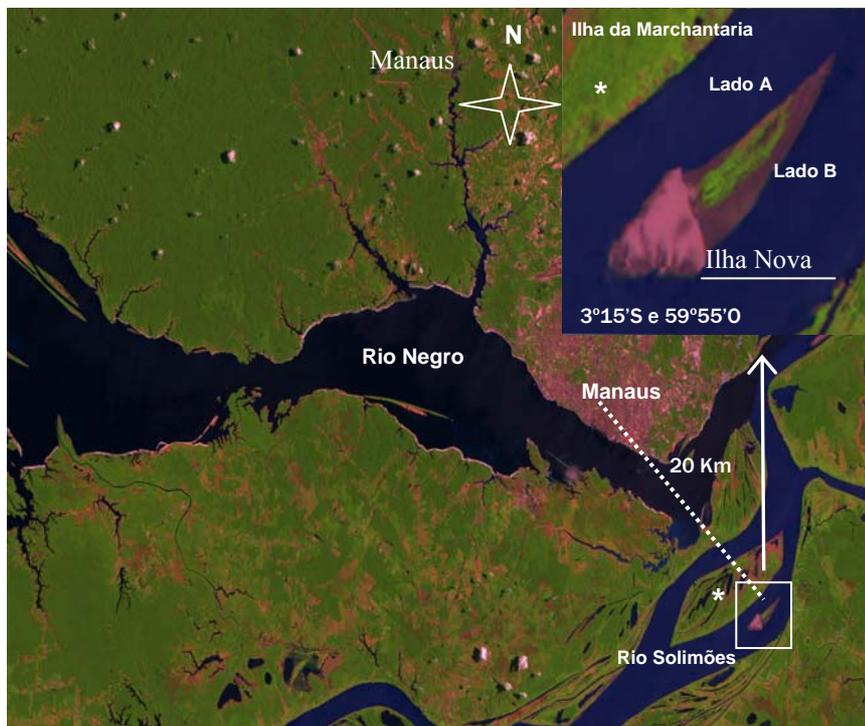


Figura 1 – Área de estudo mostrando a localização da Ilha da Marchantaria em relação à Ilha Nova, ambas localizadas no Rio Solimões $3^{\circ}15'S$, $59^{\circ}55'O$ a 20 km de Manaus, AM. Por convenção, Lado A e Lado B, ao Norte e Sul da Ilha Nova, respectivamente. (Imagem Landsat TM; Fonte: INPE, 2002).

As coletas de dados foram feitas durante o período da seca, quando a maior parte do terreno da Ilha Nova fica exposta. O acesso à área de estudo foi por via fluvial em canoas de alumínio equipadas com motor de popa.

Com base em análises temporais de Landsat TM (Fonte: Inpe), a Ilha Nova surgiu por volta do ano de 1994, e sua vegetação, notadamente nas porções mais baixas, encontra-se nos primeiros estágios de sucessão. É possível evidenciar interferência antrópica nessa ilha, caracterizada pela presença de cultivos de subsistência, porém sem áreas de pastagem (Figura 2 a, b).



Figura 2 – (a) Estágio inicial de sucessão em uma ilha jovem no rio Solimões (“Ilha Nova”), entre a comunidade paraná do Curari e a Ilha da Marchantaria; (b) Agricultura de subsistência em vários locais da Ilha (Foto: 19 de dezembro de 2007).

Em outubro de 2007 (10 de outubro - 17,81 m acima do nível do mar – cota rio Negro, snph.am.gov.br), a ilha tinha cerca de 3 km de comprimento e menos de 1 km de largura, com declives (barrancos) máximos de 8 m de altura no lado Norte e 6 m no lado Sul, que convencionalmente foram denominados de Lado A e Lado B, respectivamente (Figura 3). No Lado B o declive era bastante tênue, formando uma praia, típica da porção de deposição recente da ilha.



Figura 3 – Altura dos barrancos da Ilha Nova no limite máximo de 8 m (Lado A) e 6 m (Lado B), quando a cota de inundação foi de 17,81 m acima do nível do mar, no dia 10 de outubro de 2007.

O clima da região é caracterizado como quente e úmido, correspondente ao clima Am - clima de monção na classificação climática de Köppen-Geiger. Usando como referência os dados obtidos para a Ilha da Marchantaria, a temperatura média mínima diária é de 23° C e de 32° C para a temperatura média máxima; a precipitação média anual é de 2100 mm, com 75% das chuvas localizadas no chamado inverno, de dezembro a maio. A umidade relativa do ar é de 75,6% a 86,7% (Piedade, 1988). A amplitude média do rio Solimões durante o período de 1990 a 2007 foi de 11 m e no ano de 2008 foi de 10,19 m (cota Rio Negro sobre o nível do mar, snph.am.gov.br). O pico de inundação ocorreu em junho e julho, e o pico das águas baixas entre outubro e novembro (Figura 4).

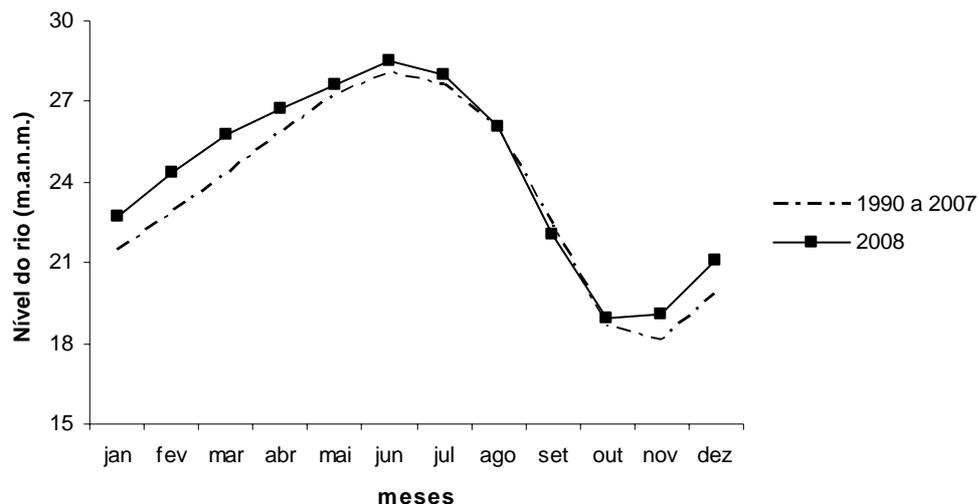


Figura 4 – Valores médios mensais do nível das águas do Rio Negro (metros acima do nível do mar), tributário do Rio Amazonas, desde a data aproximada do surgimento da Ilha Nova em 1990 até 2007 e no ano de coleta em 2008. Fonte: Porto de Manaus.

Capítulo 1: *Levantamento florístico e o processo de sucessão em uma ilha recém sedimentada de várzea do rio Solimões na Amazônia Central*

Resumo

A várzea é um sistema complexo composto de lagos de áreas inundáveis, águas represadas, ilhas, etc. Na maioria dos lagos de várzea, os sedimentos são estratificados e depositados na forma de pequenos sulcos. Devido a essa dinâmica, áreas recém sedimentadas estão sendo colonizadas em processos de sucessão primária. Em pesquisa realizada nas proximidades de Manaus, Amazonas, 3°15'S, 59°55'O, foi feito um levantamento florístico para descrever o processo de sucessão na Ilha Nova, uma ilha recém sedimentada de várzea do rio Solimões. A ilha foi observada durante 2 anos (desde outubro de 2007) e as coletas de dados foram feitas em outubro e novembro de 2008, durante o início da fase terrestre na região. Foram marcadas 24 parcelas para medidas de DAP (≥ 2 cm), altura, biomassa e coletar solo (10 cm de profundidade). Para os testes estatísticos foi usado o pacote estatístico Systat 12.0, o PCOrd 4.0 e Comunidata. Grupamentos monoespecíficos de *Salix martiana* predominam no lado oeste da ilha que recebe sedimentos mais grossos, enquanto que em sua porção leste, onde são depositados grãos mais finos, ocorrem grupamentos de *Cecropia* sp., indivíduos de *Alchornea castaneifolia* e *Pseudobombax munguba*, além das herbáceas *Paspalum fasciculatum* e *Echinochloa polystachya*. O percentual de grãos finos influencia a composição do estrato arbóreo, porém, não mostra nenhuma relação para herbáceas. As herbáceas ocorreram principalmente nas áreas que passam mais tempo submersas, enquanto a maioria das espécies arbóreas se concentra na porção menos inundada da Ilha Nova. O processo de sucessão primária nas áreas de várzea tem início com as gramíneas, seguidas de espécies arbóreas pioneiras, e finalmente espécies clímax. A Ilha Nova possui aproximadamente 15 anos de idade e é composta principalmente por espécies pioneiras arbóreas como *S. martiana* e *Cecropia* sp., e as herbáceas *P. fasciculatum* e *E. polystachya*, caracterizando os primeiros estádios de sucessão primária nessas áreas.

Palavras-chave: composição florística, herbáceas, sucessão ecológica.

1. Introdução

A principal característica das áreas alagáveis que as distingue de outras áreas úmidas é seu período de inundação. Enquanto pântanos, brejos e outras áreas úmidas são permanentemente ou semi permanentemente inundados, grande parte das áreas alagáveis são, durante certo período, áreas secas (Junk & Welcomme, 1990). A natureza híbrida/anfíbia entre os ecossistemas aquáticos e terrestres dessas áreas resulta em uma grande variedade de habitats em um gradiente que oscila entre aquático e terrestre. Conseqüentemente, o número de nichos ecológicos nos rios de áreas alagáveis é muito grande e muda continuamente com o tempo (Junk & Welcomme, 1990). Além disso, a diversidade de espécies nessas áreas é relativamente grande, devido às mudanças que ocorrem entre a fase terrestre e a fase aquática.

As áreas mais altas da várzea são cobertas por árvores capazes de suportar inundações durante alguns meses, sem apresentar injúrias (Junk, 1983). Muitos estudos (Klinge *et al.*, 1983; 1995; Worbes, 1983; 1997; Revilla, 1991; Parolin, 2000) estimaram a riqueza de árvores nas áreas alagáveis da Amazônia Central em 250-300 espécies. Contudo, Wittmann *et al.* (2004) registraram 200 espécies com DAP (diâmetro a altura do peito) ≥ 10 cm em uma área de 5,24 ha, indicando, que a riqueza arbórea desses ambientes é maior. De fato, quando a análise florística foi expandida para 62,34 ha em 10 regiões de várzea espalhadas na bacia Amazônica foram registradas mais de 900 espécies tolerantes à inundação (Wittmann *et al.*, 2006). Esses resultados indicam que as florestas de várzea na Amazônia são as florestas alagáveis mais ricas em espécies de todo o mundo. Nas florestas de várzea alta a estrutura e riqueza de espécies arbóreas com mais de 150 espécies por hectare são quase similares àquelas de terra firme não inundada (Wittmann & Junk, 2003).

A distribuição de espécies arbóreas e a estrutura da comunidade das florestas de várzea dependem de diferentes topografias, alturas de relevo e duração da inundação (Junk, 1989a; Ayres, 1993). Isto influencia processos ecofisiológicos nas plantas pois estas requerem adaptações especiais para as condições de hipoxia e/ou anoxia periódicas desses ambientes (Armstrong, 1979; Crawford *et al.*, 1987; Vartapetian *et al.*, 1987; Wittmann *et al.*, 2004).

A composição de espécies arbóreas e a estrutura florística da várzea variam ao longo do gradiente de inundação; unidades típicas de vegetação e comunidades florestais se estabelecem em diferentes níveis de inundação. Na Amazônia Central as florestas de várzea começam a se estabelecer com a coluna de água medindo menos de 7 m, o que corresponde a um tempo de inundação médio superior a 230 dias por ano (Junk, 1989a). Devido à dinâmica hidrológica e geomorfológica dos rios, essas florestas podem ser separadas em várias

comunidades diferindo na idade, fisionomia e composição de espécies (Wittmann & Junk, 2003).

As plantas herbáceas de várzea da Amazônia constituem um grupo vegetal chave nesses sistemas, devido à sua produtividade primária e produção de biomassa (Camargo & Florentino, 2000). Essa alta taxa de produção contribui para um grande estoque de nutrientes na biomassa, tendo um papel fundamental na ciclagem de matéria e fluxo de energia (Piedade *et al.* 2001). Além disso, essas são as comunidades de plantas mais produtivas registradas (Junk, 1986). Apenas uma espécie da várzea Amazônica, que cresce principalmente durante a fase aquática, *Echinochloa polystachya*, apresenta produção primária líquida anual em torno de 100 t ha⁻¹ e valores de biomassa até 80 t ha⁻¹ (Piedade *et al.*, 1991). Valores aproximadamente tão altos foram encontrados para *Paspalum fasciculatum*, o qual cresce principalmente na fase terrestre (Furch & Junk, 1992).

Muitas das principais herbáceas aquáticas encontradas nos trópicos são endêmicas da América do Sul (Howard-Williams & Junk, 1977). Embora ocorram em faixas relativamente pequenas nos diferentes corpos de água da região, dada sua elevada capacidade de crescimento, estas espécies contribuem de forma expressiva para os estoques de carbono e nutrientes desses sistemas, particularmente durante os processos de decomposição, sendo, portanto, fundamentais para o enriquecimento da biota aquática (Piedade *et al.*, 2005b).

A alta diversidade de plantas herbáceas na várzea do Rio Amazonas se deve, dentre outros fatores, aos processos de sedimentação e erosão que resultam em uma grande variedade de habitats; alta fertilidade de sedimentos e água, favorecendo o crescimento das plantas; adaptações às flutuações de nível da água, permitindo tolerância à inundação e à seca; resistência das sementes e esporos contra a inundação e seca; ciclos reprodutivos curtos; altas taxas de reprodução e alta produção primária (Junk & Piedade, 1993b; 1994).

Essas plantas estão agrupadas em categorias, ou grupos ecológicos. Os principais grupos amostrados na região são plantas flutuantes livres, e plantas enraizadas (Junk, 1986; Pompêo & Moschini-Carlos, 2003). Muitas das espécies enraizadas podem adotar, temporariamente, um hábito flutuante livre, ou podem colonizar outras plantas flutuantes. Isso ocorre, por exemplo, em *Paspalum repens*, *Leersia hexandra*, *Eleocharis variegata*, *Oxycaryum cubense* e *Polygonum ferrugineum*. O hábito flutuante livre permite uma ótima utilização da luz, e oferece uma vantagem quando começa o período de cheia. Essas espécies são levadas pelo vento e pela correnteza, facilitando a rápida colonização de outras áreas inundadas. Claro que essas adaptações também possuem desvantagens. Quando a água

retrocede, muitos bancos de vegetação saem das áreas inundadas e morrem pela dessecação (Junk, 1986).

A diversidade de espécies na várzea está relacionada às drásticas alterações geradas no ambiente pelo pulso monomodal de inundação que impõe às plantas adaptações especiais ao período de baixa disponibilidade ou ausência de oxigênio (Piedade & Junk, 2000; Parolin *et al.*, 2004; Wittmann *et al.*, 2006). Isso pode ser facilmente evidenciado pela existência de espécies que têm seu principal crescimento na fase aquática, ou na fase terrestre (Junk & Piedade, 1997).

1.1 Processo de sucessão

O termo sucessão tem sido empregado para denotar uma sequência de espécies ou mudanças bióticas ao longo do tempo, que podem levar a um estado relativamente estável, o clímax (Clements, 1916; Whittaker, 1953; Odum, 1971; Niering, 1987; Ricklefs, 1996). Segundo Odum (1983), esse estágio é a comunidade final ou estável em uma sequência de desenvolvimento, “sere”, que se encontra em equilíbrio dentro de si mesma e com o habitat físico. Em sistemas úmidos, de condições ecológicas mais estáveis, como em pântanos, a idéia de espacialidade é geralmente incorreta no que diz respeito à sucessão temporal, pois esses sistemas dependem de mudanças no nível da água, devido a fatores climáticos ou edáficos. Porém, nas florestas de várzea são observadas tanto mudanças espaciais, quanto ao longo do tempo (Niering, 1987).

De acordo com Margalef (1963) e Odum (1969), durante o processo de sucessão são restaurados os atributos para amadurecer o ecossistema, como por exemplo, alta diversidade de espécies, complexidade estrutural, ciclagem mineral fechada e equilíbrio entre a produção e respiração da comunidade. Considerando ilhas recém formadas como substratos abertos à colonização, a substituição natural e ordenada de comunidades vegetais que aí se verifica constitui um processo de sucessão primária (Odum, 1971; Ricklefs, 1996; Gotelli, 2007).

As perturbações influenciam o processo de sucessão pela mudança de recursos disponíveis e pela eficiência de recrutamento. Devido às diferenças na composição de espécies, diversidade florística, tipos de solo, e natureza e grau de perturbação, os processos de sucessão são bastante variáveis em todos os trópicos úmidos (Bazzaz & Pickett, 1980). A topografia e o tipo de solo influenciam a diversidade de espécies, a hierarquia de dominância, a forma de crescimento e a dinâmica florestal (Richards, 1952; Ashton, 1964; Whitmore,

1978; Hubbell, 1979).

Nos diferentes estádios do processo de sucessão, têm-se inicialmente as pioneiras, e uma seqüência de colonizadoras tardias, até ser atingido o estágio seral mais estabilizado, denominado de clímax. As espécies pioneiras possuem crescimento rápido, e necessitam de luz e áreas abertas para se estabelecer (Whitmore, 1976; Harcombe, 1977; Brokaw, 1987; Swaine & Whitmore, 1988; Whitmore, 1989; Baskin & Baskin, 1998; Melo *et al.*, 2004). Em áreas inundáveis as pioneiras toleram períodos de seca seguidos de inundação e de sedimentação, característicos das praias (Oliveira, 1998). As sementes são geralmente pequenas, com pouca reserva energética, e a produção de sementes tende a ser contínua, independente da estação, sendo os propágulos eficientemente dispersos pelo vento ou animais. Já as espécies clímax são de crescimento mais lento, possuem sementes grandes com grande quantidade de reserva, produzidas periodicamente em resposta a um estímulo climático, e o estabelecimento ocorre em condições de sombra (Whitmore, 1976; Harcombe, 1977; Brokaw, 1987; Swaine & Whitmore, 1988; Whitmore, 1989; Baskin & Baskin, 1998; Melo *et al.*, 2004).

Worbes *et al.* (1992) descreveram estágios sucessionais em florestas de várzea, desde o estabelecimento de espécies pioneiras sobre solos recentemente depositados, até estágios clímax, com árvores que chegam a idades entre 100 e 300 anos. O processo inicial de sucessão primária nessas áreas alagáveis se dá em áreas com altas taxas de sedimentação ao longo das margens dos rios, e pode avançar rapidamente, dominado pela comunidade de gramíneas (Worbes, 1997; Piedade *et al.*, 2001), que podem ser muito persistentes (Budowski, 1961), além de outras espécies pioneiras herbáceas. Por sua vez, estas herbáceas também reduzem a turbulência da água, e favorecem a sedimentação, o que vai facilitar o futuro estabelecimento de espécies arbustivo-arbóreas.

Após as gramíneas, esses habitats passam a ser colonizados por poucas espécies pioneiras arbustivo-arbóreas de crescimento rápido, que toleram altas e prolongadas inundações e se estabelecem nos barrancos de solos recém sedimentados, como *Salix* sp.; a seguir se estabelece um estágio secundário inicial dominado por espécies de *Cecropia* sp. e *Alchornea* sp. (Huber, 1910; Junk, 1984, 1989a; Worbes, 1986, 1997; Worbes *et al.*, 1992; Kalliola *et al.*, 1991; Parolin *et al.*, 2002; Wittmann & Junk, 2003), *Crataeva* sp. e *Vitex* sp. (Worbes *et al.*, 1992). Estas plantas iniciam o processo de colonização arbórea nas áreas de várzea, aproveitando-se do aparecimento de sedimentos recém expostos, onde crescem rapidamente aumentando sua densidade (Oliveira, 1998).

Em um período de tempo relativamente curto o estágio de pioneiras sofre uma transição para um estágio secundário tardio rico em espécies arbóreas, dominado por *Pseudobombax* sp., onde a idade máxima das árvores pode chegar a 80 anos (Junk, 1984; Worbes *et al.*, 1992; Worbes, 1997). O estágio clímax da várzea baixa é dominado por espécies tolerantes à sombra, como *Piranhea trifoliata*, que chega a até 400-600 anos de idade (Worbes *et al.*, 1992; Worbes, 1997; Worbes & Junk, 1999).

Embora as florestas inundadas da Amazônia não sejam homogêneas, os fatores ambientais chave, como tipo de solo e água, responsáveis pelas diferenças entre elas, têm sido pouco detalhados por ecólogos e fitogeógrafos (Goulding, 1980). Sabe-se que a substituição das comunidades está relacionada a um número diferencial de dias de alagação ao qual cada faixa do relevo é submetida ao longo do ano, devido ao pulso de inundação (Piedade *et al.*, 2005a). Por outro lado, numerosos tipos florestais têm sido descritos baseados nos valores de biomassa, estrutura e florística (Klinge *et al.*, 1990). Entretanto, poucos são os estudos integrando a fisionomia, estrutura, composição florística, e o regime hídrico das florestas alagáveis, especialmente nos estágios iniciais de estabelecimento das comunidades herbáceas.

Este trabalho se propõe a estudar o processo de sucessão na Ilha Nova, recém depositada de várzea do rio Solimões. Para isso, serão taxonomicamente identificadas as plantas herbáceas e arbóreas já estabelecidas em parcelas distribuídas na superfície dessa ilha.

2. Material e Métodos

2.1 Levantamento da vegetação

2.1.1 Estabelecimento de parcelas

Para caracterizar a vegetação foram estabelecidas na Ilha Nova (ca. 3 km X 1 km) três áreas com características vegetacionais visualmente distintas: Área 1, com predominância de espécies herbáceas e algumas espécies arbóreas; Área 2, com predominância de espécies arbóreas e algumas herbáceas; e Área 3 composta de herbáceas e espécies arbóreas (Figura 1).



Figura 1 – Vegetação em três locais da Ilha Nova na Amazônia Central: área 1 ocupada com predominância de herbáceas e em parte por espécies arbóreas; área 2 ocupada com predominância de espécies arbóreas e em parte por herbáceas; área 3 ocupada por espécies herbáceas e arbóreas, sem predominância aparente de estratos vegetais.

Em cada uma das três áreas foram marcados dois sítios de 2500 m² cada (total de seis sítios de 50 x 50 m na área inventariada), sendo estes divididos em quatro parcelas de 625 m² (25 x 25m), totalizando 24 pontos de coleta (1,5 hectares). Os sítios foram marcados sentido Leste-Oeste, com distâncias entre 20 m e 120 m, de cada sítio para a margem do rio (Figura 2). Cada um dos 24 pontos de coleta foi georeferenciado com auxílio de um GPS (Global Positioning System) da marca Garmin eTrex Vista®.

Em outubro de 2008, quando maior parte da Ilha estava emersa, as parcelas foram marcadas (Figura 3), com o cuidado de manter distância das margens e das áreas de cultivo, para evitar efeito de borda na coleta de dados. A medição das parcelas foi feita com trena e a demarcação com quatro estacas, uma em cada canto, ligadas por fita plástica colorida para delimitar o quadrado.

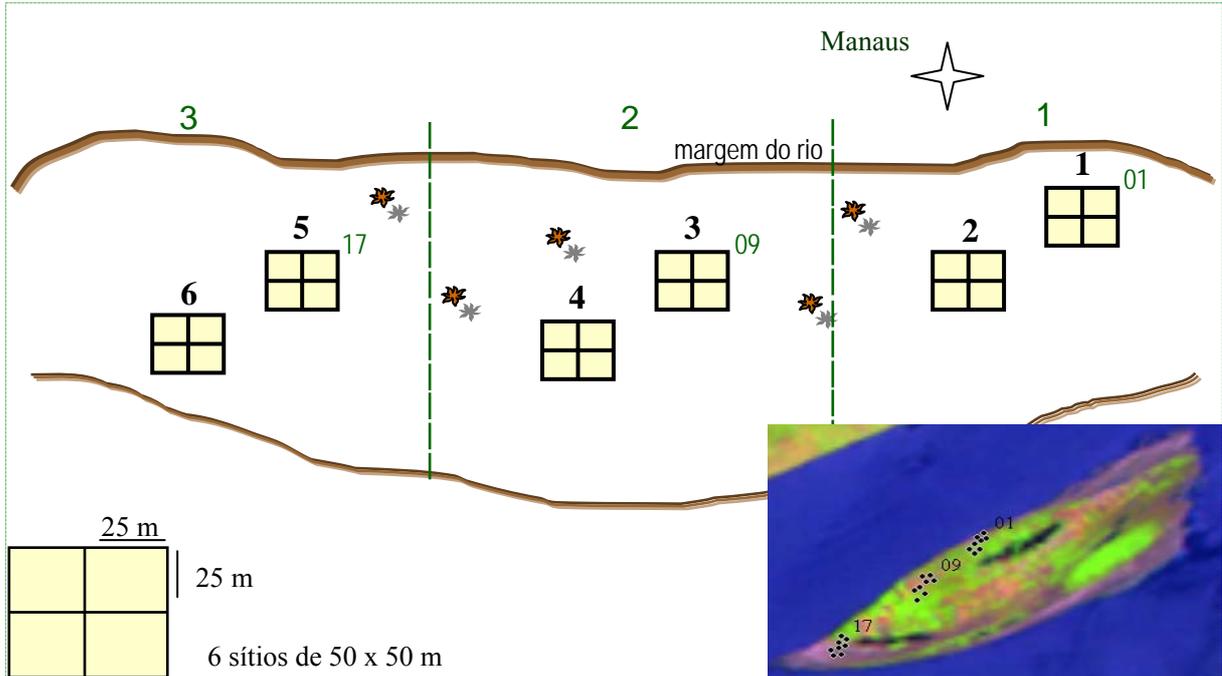


Figura 2 - Esquema ilustrativo do estabelecimento das 24 parcelas (1,5 ha) de 625 m² distando da margem do rio, sentido Norte-Sul, 20, 70, 70, 120, 70 e 120 m, até os sítios 1, 2, 3, 4, 5 e 6, respectivamente. A linha pontilhada se refere à divisão das três áreas citadas anteriormente. Área de cultivo (*). Em detalhe a direita, as 24 parcelas georeferenciadas em cada canto do quadrado (parcela) na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. Como exemplo, estão em destaque na imagem, três pontos georeferenciados das parcelas 01, 09 e 17. (Imagem Landsat TM; Fonte: INPE, 2009).



Figura 3 – Marcação das parcelas com trena e demarcação do quadrado, com estacas e fita plástica, na área amostral – Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

2.1.2 Inventário florístico e estimativa de biomassa

O inventário florístico e a determinação de biomassa foram realizados em outubro e novembro de 2008, respectivamente. Após o estabelecimento das parcelas foram registradas todas as espécies de herbáceas e árvores encontradas. Alguns indivíduos foram identificados no campo e fotografados. Quando a identificação não era possível, foram coletados ramos vegetativos e/ou reprodutivos, com auxílio de tesoura de poda, depois prensados em jornal, acondicionados em sacos plásticos e embebidos em álcool 70%, para posterior identificação, por meio de consultas bibliográficas especializadas ou através do Herbário do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), em Manaus. As espécies foram ordenadas nas famílias reconhecidas pelo sistema do Angiosperm Phylogeny Group II (APG II, 2003). Os nomes científicos, bem como sua autoria, foram confirmados de acordo com o banco de dados eletrônico do *Missouri Botanical Garden* (<http://www.tropicos.org/>). Para as espécies arbóreas, foram contados e medidos todos os indivíduos acima de 2 cm de DAP, e estimada a altura.

Em estudos de comunidades herbáceas, observa-se que a estimativa da densidade e cobertura pode ser de difícil interpretação devido a problemas de distinção entre plantas individuais (Matias *et al.*, 2003). Por esse motivo, foi escolhida, para essas espécies, a determinação de biomassa, que consiste na coleta e pesagem do material expresso em g/m^2 , kg/ha e t/ha , método tradicionalmente usado nesses casos (Moore & Chapman, 1986; Coombs & Hall, 1989).

Na região central de cada uma das 24 parcelas (25 x 25 m) foram coletadas amostras de 1 m^2 , com auxílio de uma armação em tubo PVC como gabarito (Figura 4a). Esse gabarito foi colocado no solo, e todo material vegetal delimitado em seu perímetro interno, acima da superfície, foi coletado e acondicionado em saco plástico, devidamente identificado, e depois separado por espécie, descartando-se as partes mortas (Figura 4b).



Figura 4 – Coleta de amostras para biomassa, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, com (a) uma armação em tubo PVC de 1 m² e (b) uma tesoura de poda para retirada de todo volume vegetal acima da superfície do solo.

As amostras foram transportadas para o Laboratório de Ecofisiologia de plantas do projeto Inpa/Max Planck em Manaus, onde foram acondicionadas em sacos de papel e em seguida levadas para a estufa de circulação fechada (HERAEUS e MEMMERT), à temperatura de 70° C, onde foram mantidas até atingir peso constante (peso seco). Em seguida, foram pesadas em uma balança semi-analítica (Bel Mark 1000) com capacidade de 1000 g e 200 mg, máxima e mínima, respectivamente.

2.1.3 Lista de espécies presentes no sítio amostral

Além da análise da estrutura e determinação de biomassa, foi registrada a ocorrência de todas as espécies de herbáceas e arbóreas presentes nos 1,5 hectares inventariados, para posterior elaboração de uma lista de plantas da área. A identificação das plantas para esse propósito seguiu o mesmo procedimento descrito acima.

2.2 Coleta de solo

Em cada uma das parcelas de 25 x 25 m foram coletadas, com o auxílio de um cilindro de 15 cm de diâmetro, cinco amostras de solo a 10 cm de profundidade (Figura 5a e 5b), porção de solo considerada suficiente para representar a gleba, as quais foram misturadas para formar uma amostra composta. Ao todo foram coletadas 24 amostras de solo, que foram

encaminhadas para o Laboratório de Análises de Solos e Plantas (LASP) da Embrapa Amazônia Ocidental, onde foi feita a análise granulométrica (areia, silte e argila).



Figura 5 – Coleta de solo a 10 cm de profundidade, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. Em (a) detalhe do trado retirando a amostra do solo e (b) retirada do material do trado para armazenar no saco plástico.

2.3 Análise de dados

Para as análises estatísticas foi utilizado o pacote estatístico Systat 12.0, o PCOrd 4.0 e COMUNIDATA.

2.3.1 Comunidade arbórea:

A análise da composição florística e da estrutura foram feitas a partir dos resultados obtidos com número de indivíduos, de espécies, de gêneros e de famílias que ocorreram na área estudada, como também os resultados de DAP e altura da comunidade arbórea. A estrutura horizontal foi analisada com o uso de critérios que indicam a ocupação do solo pela espécie. Os parâmetros estudados foram: abundância absoluta (número de plantas de cada espécie, em relação à unidade de área), e abundância relativa (percentagem da abundância absoluta na composição florística do povoamento); dominância absoluta (área basal total de cada espécie), e dominância relativa (percentagem da área basal de cada espécie em relação à área basal da composição florística do povoamento); freqüência absoluta (percentual do número de parcelas em que ocorre uma espécie, dividido pelo número total de parcelas amostradas) e a freqüência relativa (percentual da freqüência absoluta, dividida pela

frequência absoluta das parcelas) (Curtis & McIntosh, 1951). Também foi calculado o Índice de Valor de Importância das espécies (IVIE, soma da abundância, dominância e frequência relativas) (Curtis & McIntosh, 1951).

Para avaliar a relação entre densidade de indivíduos e o sedimento foi feita uma Regressão Linear Simples. A diversidade de Shannon-Weaver (1953) foi estimada com os valores de riqueza de espécies arbóreas:

$$H^r = \frac{\left[N \cdot \ln(N) - \sum_{i=1}^S n_i \ln(n_i) \right]}{N}$$

onde: N = número total de indivíduos; S = número de espécies (riqueza); p_i = frequência de cada espécie, para i variando de 1 a S (Riqueza).

Para comparar a composição florística no inventário das diferentes parcelas estudadas, foi usado o Índice de similaridade florística (Sørensen, 1951):

$$C_s = 2c / (a + b + 2c) \cdot 100$$

Para testar a relação entre os gradientes de solo e a composição de espécies foi realizada uma correlação de Pearson das variáveis ambientais com os eixos obtidos no escalonamento multidimensional (MDS). No MDS foram utilizadas as distâncias de Bray-Curtis (abundância) para a composição de espécies e a distância euclidiana para os gradientes de solo. Foi realizado ainda um Teste de Mantel para analisar se a composição florística variava com a distância entre as parcelas.

2.3.2 Comunidade herbácea:

Para o cálculo de biomassa das espécies herbáceas foi usado o peso seco. Para testar a relação entre os gradientes de solo e a composição de espécies foi realizada uma correlação de Pearson das variáveis de granulometria com os eixos obtidos no escalonamento multidimensional (MDS). No MDS foram utilizadas as distâncias de Jaccard (presença-ausência) para a composição de espécies e a distância euclidiana para os gradientes de solo. Foi realizado ainda um Teste de Mantel para analisar se a composição florística variava com a distância entre as parcelas.

2.3.3 Análise de solo

A determinação da granulometria foi através da dispersão total, utilizando o método da pipeta com 20 g de terra fina seca ao ar (TFSA), segundo os procedimentos da Empresa Brasileira para Pesquisa Agropecuária, Embrapa (1997). Optou-se pelo método da pipeta, por se tratar de um método simples, de baixo custo operacional e que, de acordo com Suguio (1973), é o mais apropriado para a análise granulométrica de sedimentos finos, os quais correspondem às características do solo dos perfis estudados.

3. Resultados

3.1 Comunidade arbórea

Comparando as três diferentes áreas (0,5 ha cada), como mostrado anteriormente na Figura 1 (Cap. 1), a riqueza de espécies arbóreas variou de três a sete espécies por área, sendo que a área 1 apresentou maior proporção de *Alchornea castaneifolia* (23 %) e *Cecropia* sp. (75 %), e nenhum indivíduo de *Salix martiana*. A área 2 foi caracterizada pela população de *Cecropia* sp. (92 %) e, como na anterior, nenhum indivíduo de *S. martiana*. A área 3 foi caracterizada pela população de *S. martiana* (98 %), e nenhum indivíduo de *Cecropia* sp. (Figura 6).

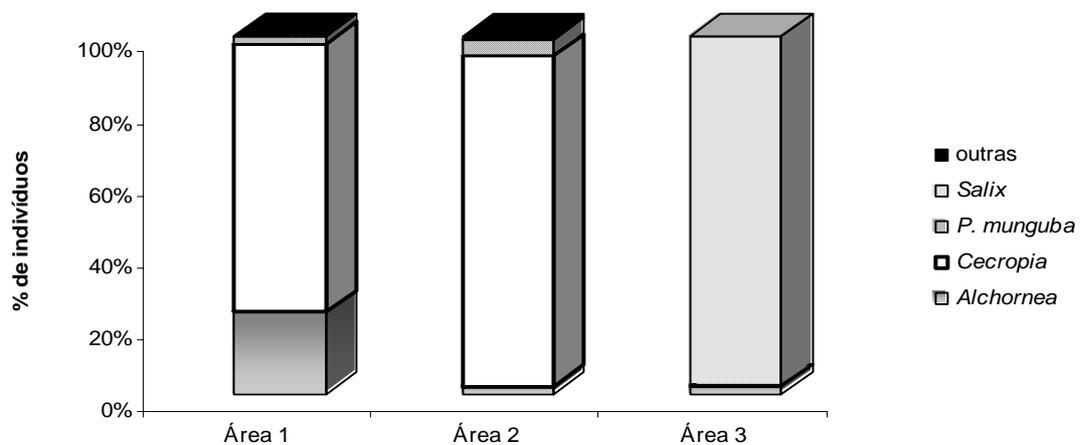


Figura 6 – Percentual de indivíduos por espécie nas 3 áreas da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central: área 1, com as parcelas 1 a 8; área 2, parcelas 9 a 16; e área 3, com as parcelas 17 a 24. A categoria outras representa as espécies com menos de 10 indivíduos (≤ 1 %).

Na área delimitada para o levantamento florístico foram amostradas oito espécies arbóreas, pertencentes a oito famílias. Destas espécies, *Alchornea castaneifolia* e *Cecropia* sp. apresentaram 67 % de frequência absoluta, *Pseudobombax munguba* 46 % e *Salix martiana* 33 %. As outras espécies possuíram menos de 22 % de frequência absoluta, com apenas um ou dois indivíduos por parcela (Tabela 1).

Nos 1,5 ha inventariados, as espécies predominantes no estrato arbóreo (IVI > 30) foram *Cecropia* sp. (959), *S. martiana* (512) e *A. castaneifolia* (100), representando 97 % dos indivíduos (Tabela 1). As outras espécies apresentaram menos de 10 % do IVI.

Tabela 1 – Lista de espécies arbóreas com suas respectivas famílias, mostrando sua ocorrência nas 24 parcelas, abundância e o Índice de Valor de Importância (IVI) na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Família	Espécie	Ocorr.	Abund.	IVI
Urticaceae	<i>Cecropia</i> sp.	16	959	178,78
Salicaceae	<i>Salix martiana</i>	8	512	49,13
Euphorbiaceae	<i>Alchornea castaneifolia</i>	16	100	35,15
Malvaceae	<i>Pseudobombax munguba</i>	11	41	21,26
Lamiaceae	<i>Vitex cymosa</i>	5	6	8,71
Tiliaceae	<i>Apeiba aspera</i>	2	3	3,52
Lauraceae	<i>Nectandra</i> sp.	1	1	1,73
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	1	1	1,73
Total			1623	300

Todos os indivíduos inventariados apresentaram DAP < 40 cm e altura < 20 m. Os valores médios obtidos, das espécies com IVI > 30, para o parâmetro DAP (≥ 2 cm) e altura da copa foram de 6,76 cm e 5,78 m para *Cecropia* sp., 2,71 cm e 4,27 m para *S. martiana* e 10,24 cm e 6,38 m para *A. castaneifolia*.

A maior abundância de indivíduos, cerca de 60 %, pertence à menor classe de diâmetro (DAP < 5), apresentando, conseqüentemente, poucos indivíduos nas classes de diâmetros maiores (Figura 7).

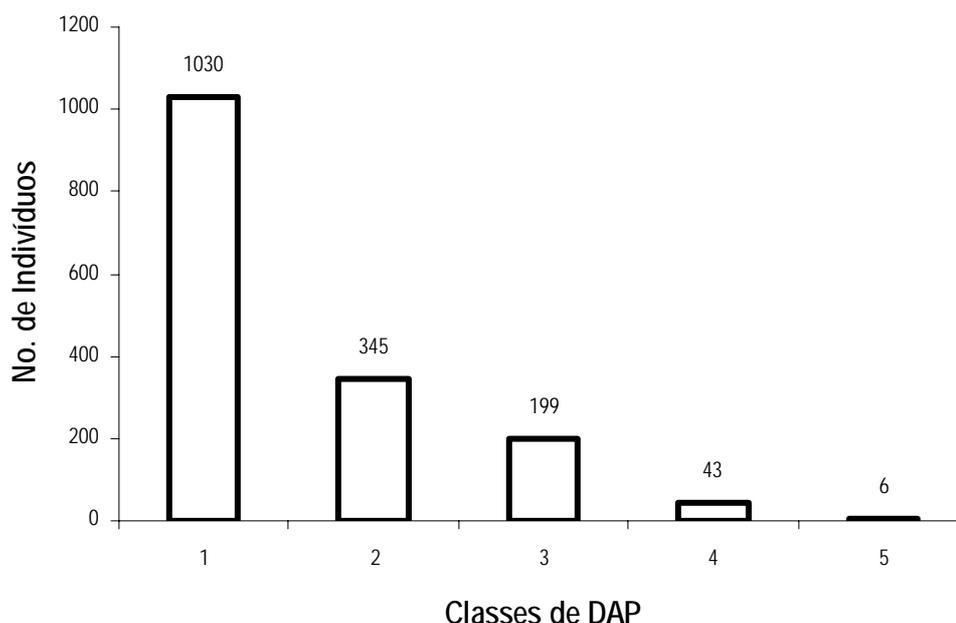


Figura 7 – Número de indivíduos das diferentes espécies, distribuídas em cinco classes diamétricas: (1) DAP < 5; (2) DAP 5-9,9; (3) DAP 10-19,9; (4) DAP 20-29,9 e (5) DAP \geq 30, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Na primeira classe diamétrica predominaram as espécies *Salix martiana* e *Cecropia* sp., sendo esta última a mais abundante nas classes restantes. Não foram encontrados indivíduos de *S. martiana* com DAP \geq 6 cm, nem da espécie *Alchornea castaneifolia* com DAP \geq 30 cm. A classe 5, com diâmetro menor que 40 cm, foi representada apenas por indivíduos de *Cecropia* sp. e *Pseudobombax munguba*. As classes de DAP 1, 2 e 3 foram similares quanto ao número de espécies que possuíam, entre 5 a 6 espécies por classe diamétrica, mas diferiram quanto à diversidade, ou seja, algumas espécies estavam presentes apenas em uma classe de diâmetro (Tabela 2).

Tabela 2 – Número de indivíduos por espécie, distribuídas em cinco classes de diâmetro: (1) DAP < 5; (2) DAP 5-9,9; (3) DAP 10-19,9; (4) DAP 20-29,9 e (5) DAP \geq 30; e a diversidade em cada classe diamétrica na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Espécie	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4	classe 5	Σ
<i>Cecropia</i> sp.	466	312	150	27	4	959
<i>Salix martiana</i>	511	1				512
<i>Alchornea castaneifolia</i>	34	21	33	12		100
<i>Pseudobombax munguba</i>	16	10	9	4	2	41
<i>Vitex cymosa</i>	2	1	3			6
<i>Apeiba aspera</i>			3			3
<i>Nectandra</i> sp			1			1
<i>Maclura tinctoria</i>	1					1
Nº de espécies por classe de DAP	6	5	6	3	2	

Considerando as medidas de altura, a classe 1 (< 5 m) apresentou o maior número de indivíduos, aproximadamente 50 %, enquanto as outras classes de maior altura apresentam poucos indivíduos (Figura 8).

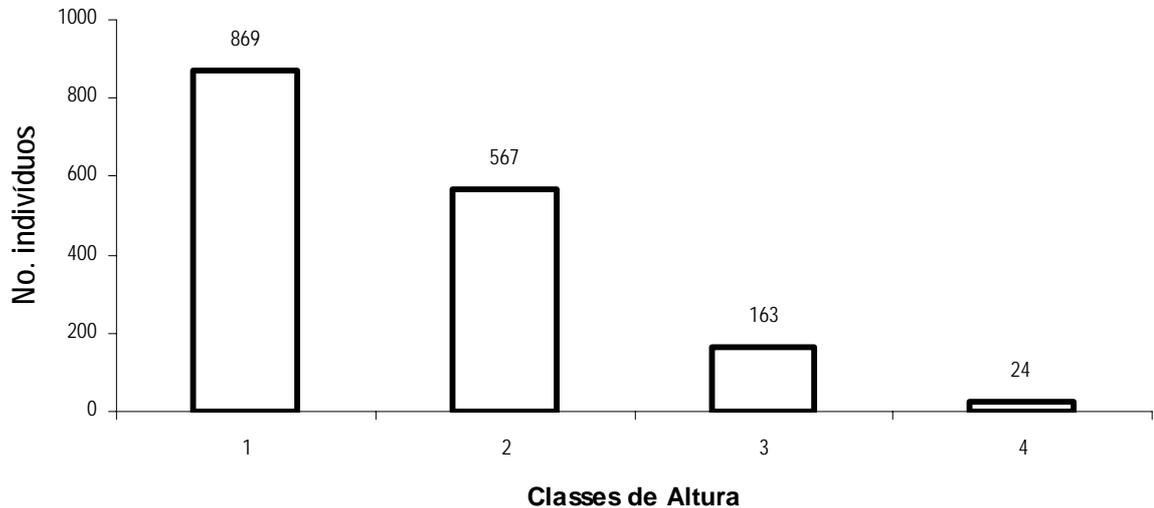


Figura 8 – Número de indivíduos das diferentes espécies, distribuídas em quatro classes de altura: (1) < 5; (2) < 10; (3) < 15; e (4) < 20 m de altura, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

A espécie *Cecropia* sp. foi dominante em todas as classes de altura, seguida por *Salix martiana* nas classes 1 e 2. Não houve indivíduos de *S. martiana* com altura > 8 m. A classe 4, com altura menor que 20 m, foi representada apenas por indivíduos de *Cecropia* sp. e *Alchornea castaneifolia*. As classes de altura 1, 2 e 3 foram similares quanto ao número de espécies componentes mas diferiram quanto à diversidade (Tabela 3).

Tabela 3 – Número de indivíduos por espécie, distribuídas em quatro classes de altura: (1) < 5; (2) < 10; (3) < 15 e (4) < 20, e a diversidade em cada classe na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Espécie	classe 1	classe 2	classe 3	classe 4	Σ
<i>Cecropia</i> sp.	474	318	144	23	959
<i>Salix martiana</i>	337	175			512
<i>Alchornea castaneifolia</i>	34	55	10	1	100
<i>Pseudobombax munguba</i>	22	13	6		41
<i>Vitex cymosa</i>	2	4			6
<i>Apeiba aspera</i>		1	2		3
<i>Nectandra</i> sp.			1		1
<i>Maclura tinctoria</i>		1			1
Nº de espécies por classe de altura	5	7	5	2	

3.2 Comunidade herbácea

A riqueza de herbáceas variou de 3 a 4 espécies por área (Figura 9), com dominância de *Echinochloa polystachya* na área 1. Apesar dessa dominância, foram observados muitos indivíduos dessa espécie em decomposição presos nos troncos das árvores (Figura 10). Nas demais áreas predominaram a espécie *Paspalum fasciculatum*, chegando a valores de 100 % de biomassa por m². A espécie *Gynerium sagittatum* foi encontrada na porção da ilha com maior correnteza, sendo mais abundante nas parcelas mais afastadas da margem, localizadas no sítio 5 (Figura 2), representando, juntamente com *P. fasciculatum* e *E. polystachya*, a vegetação herbácea neste local.

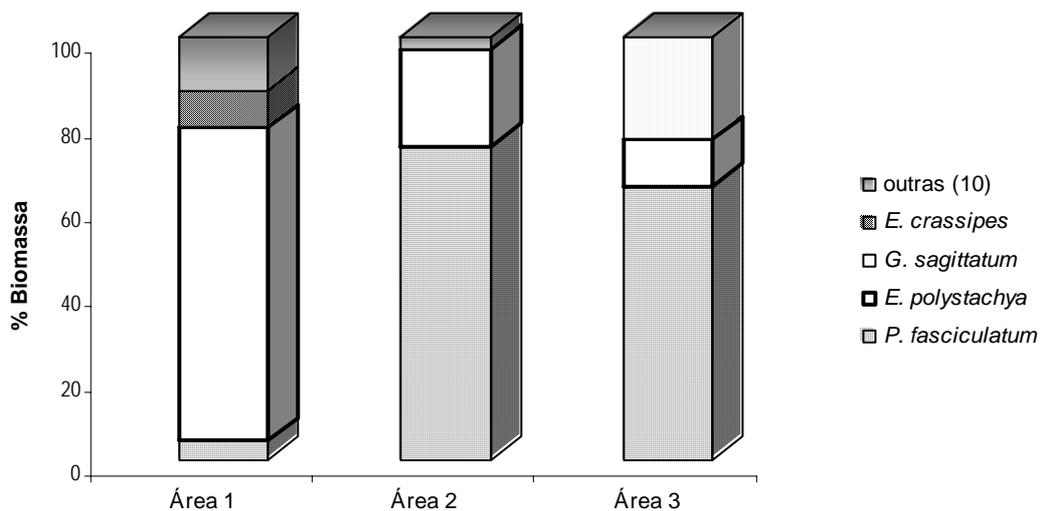


Figura 9 – Percentual de biomassa por espécie nas áreas: 1 (parcelas 1 a 8); 2 (parcelas 9 a 16) e 3 (parcelas 17 a 24) na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. A categoria outras se refere às 10 espécies que apresentaram menos de 10 % de biomassa em cada sítio.



Figura 10 – Indivíduos de *Echinochloa polystachya* em decomposição, no início da fase terrestre, presos ao tronco de árvores da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Na biomassa o estrato herbáceo foi caracterizado, principalmente, pela presença de gramíneas, e as espécies predominantes foram *Paspalum fasciculatum* e *Echinochloa polystachya*, presentes em 63 % e 50 % das parcelas, respectivamente (Tabela 4). Ambas as espécies foram responsáveis por mais de 80 % da biomassa apresentada nas parcelas, enquanto *Gynerium sagittatum* por 10 % e as outras espécies com menos de 5 %.

Tabela 4 – Valores de biomassa (g) das espécies herbáceas em cada uma das parcelas (1m²) amostradas em novembro de 2008 na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. As parcelas 1 a 8 (área 1), 9 a 16 (área 2), e 17 a 24 (área 3), estão localizadas, respectivamente, na parte leste, central e oeste da área amostral.

Parcelas	Espécies														total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1		981,56													982
2						121,39		52,07							173
3	143,26									11,34				0,14	155
4		382,73													383
5				272,62								3,44			276
6		432,00													432
7		463,56													464
8		94,79			145,25	36,48			37,16						314
9	1.090,80	43,12													1.134
10	233,32	728,34						40,51							1.002
11	308,43				2,45		43,47				9,01				363
12	617,43	312,91			35,20										966
13	445,60														446
14	252,16														252
15	159,26														159
16	369,16														369
17		191,28													191
18	1.893,96	198,40	120,00												2.212
19	994,80	62,96													1.058
20		549,01	2.021,85												2.571
21	526,60												0,95		528
22	618,96											0,31			619
23	416,88														417
24	1.334,52		22,99												1.358
Total	9405,1	4440,7	2164,8	272,6	182,9	157,9	84,0	52,1	37,2	11,3	9,0	3,8	1,0	0,1	

Espécies: 1= (Poaceae) *Paspalum fasciculatum*; 2= *Echinochloa polystachya*; 3= *Gynerium sagittatum*; 4= (Pontederiaceae) *Eichhornia crassipes*; 5= (Polygonaceae) *Polygonum ferrugineum*; 6= (Poaceae) *Brachiaria* cf *humidicola*; 7= Cucurbitaceae 2; 8= Cucurbitaceae 1; 9= (Fabaceae) *Cymbosema roseum* Benth.; 10= (Poaceae) *Oryza* sp.; 11= (Commelinaceae) *Commelina schomburgkiana*; 12= (Asteraceae) *Mikania micrantha*; 13= Convolvulaceae 1; 14= (Cucurbitaceae) *Luffa operculata*.

A parte destacada na tabela delimita as 3 áreas amostradas na Ilha Nova.

3.3 Análise de solo e sua relação para espécies arbóreas e herbáceas

A maioria das parcelas apresentou maior percentual de grãos finos (silte). Apenas as parcelas localizadas na extremidade do lado oeste da ilha apresentaram maior proporção de areia (Tabela 5). As espécies dominantes nos solos com mais silte foram *Cecropia* sp. e *Echinochloa polystachya*, e as parcelas de solos arenosos apresentaram dominância de *Salix martiana* e *Paspalum fasciculatum*.

Tabela 5 – Percentual de areia, silte e argila, e classificação textural do solo nas 24 parcelas da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Parcelas	% areia	% silte	% argila	Classificação do solo
1	7,44	65,81	26,75	Franco Argila Siltosa
2	2,24	67,01	30,75	Franco Argila Siltosa
3	3,39	69,91	26,70	Franco Argila Siltosa
4	14,57	64,13	21,30	Franco Siltosa
5	0,99	66,01	33,00	Franco Argila Siltosa
6	0,86	59,00	40,15	Franco Argila Siltosa
7	0,69	57,51	41,80	Argila Siltosa
8	0,69	62,86	36,45	Franco Argila Siltosa
9	4,35	69,45	26,20	Franco Siltosa
10	3,76	65,14	31,10	Franco Argila Siltosa
11	2,85	69,00	28,15	Franco Argila Siltosa
12	4,86	67,04	28,10	Franco Argila Siltosa
13	0,83	68,17	31,00	Franco Argila Siltosa
14	1,26	70,74	28,00	Franco Argila Siltosa
15	0,53	68,57	30,90	Franco Argila Siltosa
16	0,76	69,94	29,30	Franco Argila Siltosa
17	5,36	72,39	22,25	Franco Siltosa
18	5,88	73,42	20,70	Franco Siltosa
19	14,78	66,92	18,30	Franco Siltosa
20	11,63	69,22	19,15	Franco Siltosa
21	61,15	33,55	<u>5,30</u>	Franco Arenosa
22	87,89	10,46	<u>1,65</u>	Areia
23	87,43	11,77	<u>0,80</u>	Areia
24	68,69	28,16	<u>3,15</u>	Franco Arenosa

Em destaque o percentual da fração granulométrica mais distribuída nas parcelas.

As quantidades de silte e areia mostraram não influenciar a abundância da vegetação arbórea (Figura 11a e 11b). Porém, houve uma relação entre a abundância de espécies e a porcentagem de argila, conforme a Figura 11c. A análise inferencial confirmou uma relação entre a quantidade de argila e a composição de espécies arbóreas, representada pelo eixo 1 do MDS ($p < 0,001$, Figura 12). O percentual de areia segue um padrão de ordenação, porém as espécies vão se substituindo conforme há um aumento no percentual de argila, ou seja, a composição de espécies se modifica ao longo do gradiente (Figura 12). As parcelas com grãos

mais grossos contêm um grupamento mono específico de *Salix martiana*, enquanto as outras espécies ficam restritas àquelas onde há predominância de grãos mais finos.

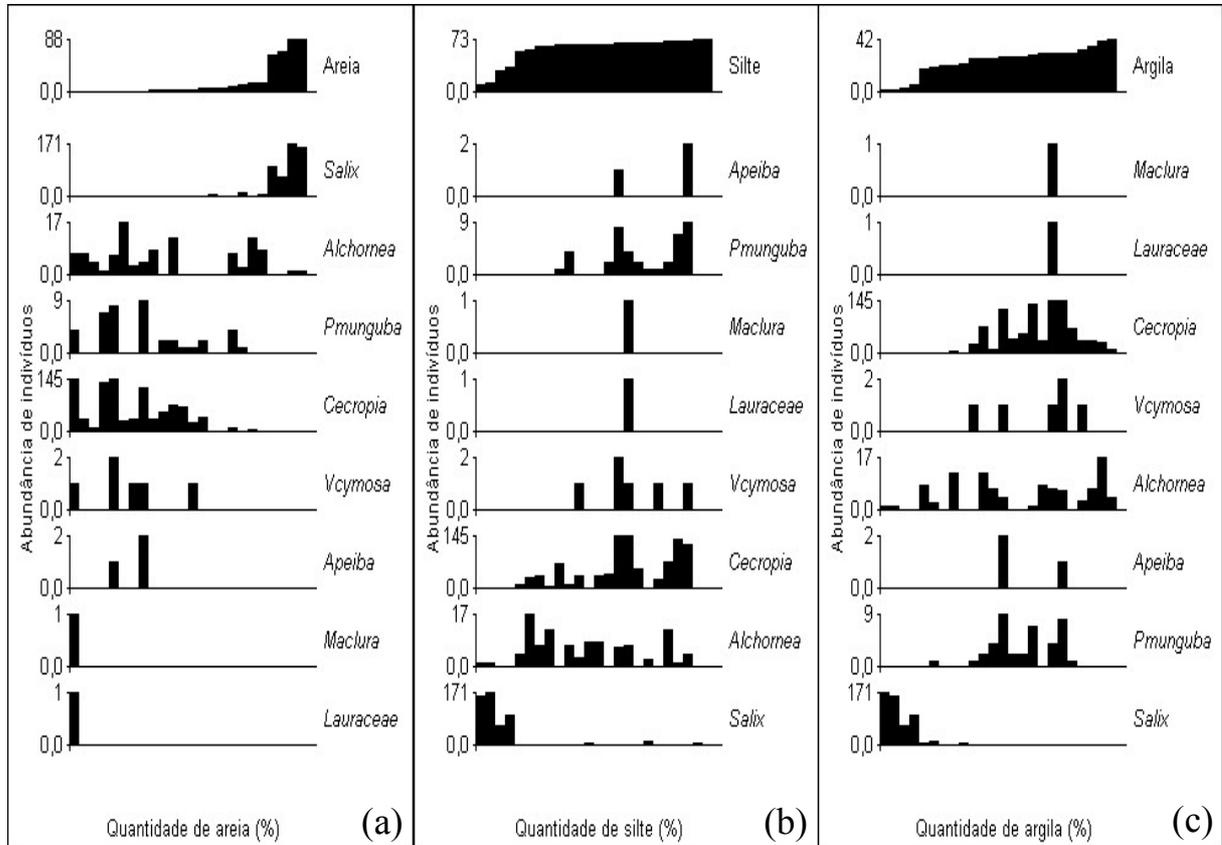


Figura 11 – Abundância de espécies arbóreas com relação ao (a) % de areia, (b) % de silte e (c) % de argila, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

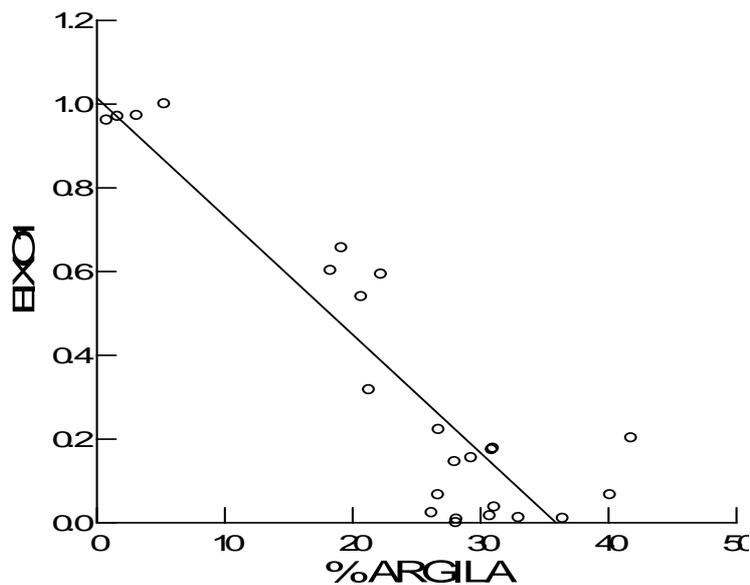


Figura 12 – Correlação entre espécies arbóreas, presentes na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, e percentual de argila no eixo 1 da MDS. Relação negativa Eixo 1 x argila ($p < 0,0001$).

Ao contrário do que ocorreu para as árvores, não houve relação significativa da vegetação herbácea com a granulometria ($p>0,05$), quando usado o teste inferencial do eixo 1 do MDS, embora houvesse uma impressão visual de que haveria uma relação entre a quantidade de silte e a composição de espécies (Figura 13).

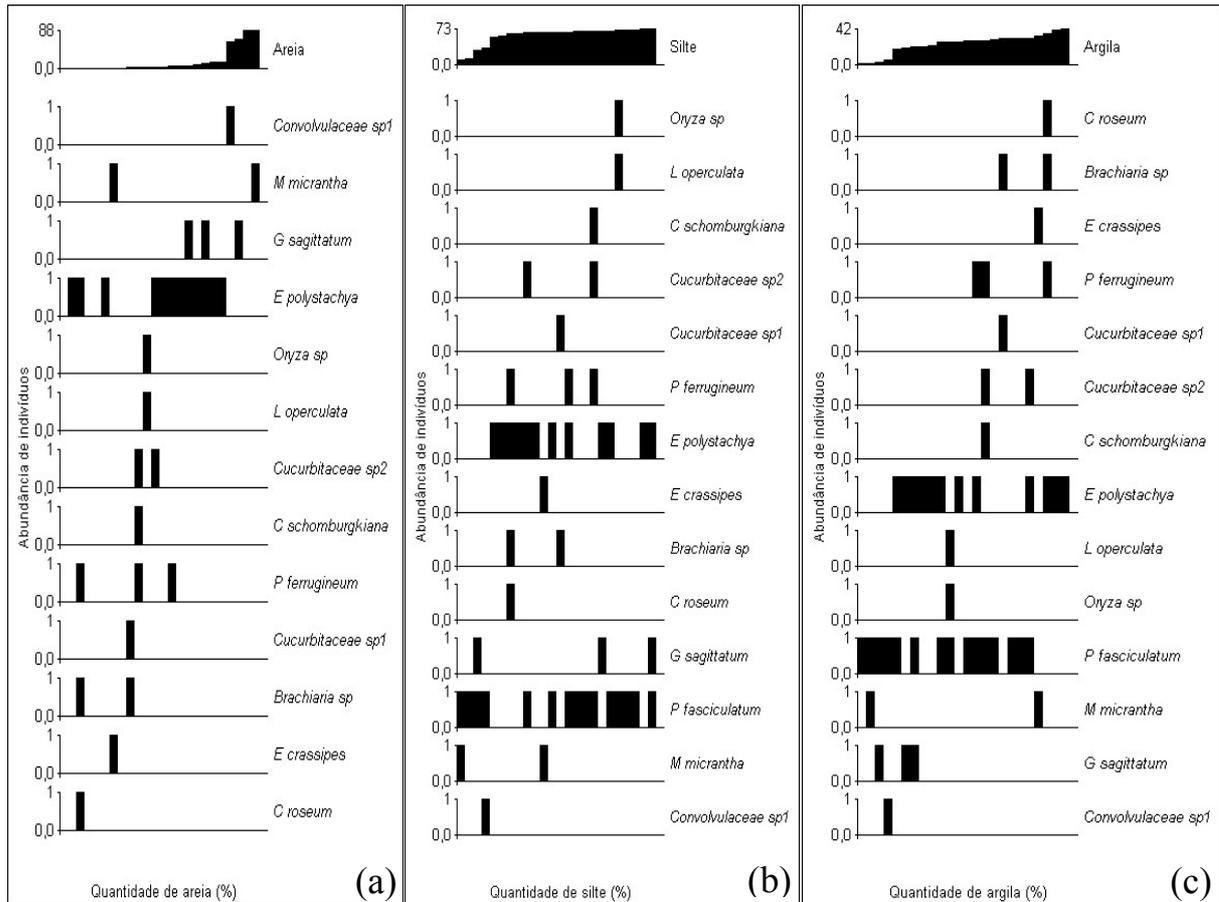


Figura 13 - Abundância de herbáceas com relação ao (a) % de areia, (b) % de silte e (c) % de argila, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Não houve relação significativa entre a distância entre as parcelas e a similaridade florística das parcelas, nem para as herbáceas nem para as espécies arbóreas ($p>0,05$), o que mostra que a distribuição das parcelas foi suficiente para garantir a independência amostral (Figura 14).

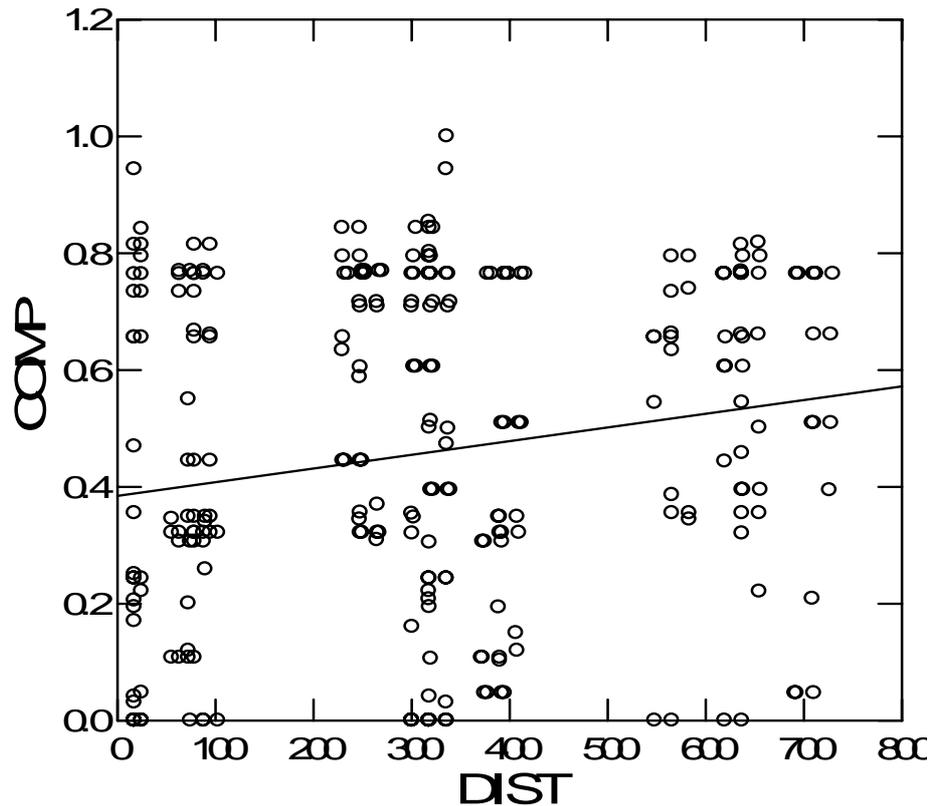


Figura 14 – Relação não significativa entre a distância (DIST) das parcelas e a composição (COMP) de árvores e herbáceas (teste de Mantel e Bray-Curtis), na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

3.4 Levantamento de espécies que ocorreram na Ilha Nova

A lista das espécies presentes nas 24 parcelas (1,5 ha) amostradas encontra-se no Anexo 1. Nesse levantamento foram encontradas 34 famílias, 57 gêneros e 96 espécies, com oito destas não identificadas. As famílias com maior riqueza específica foram: Poaceae, com 15 espécies (16 %), Cucurbitaceae e Cyperaceae, com 10 (10 %), Asteraceae e Fabaceae, com cinco (5 %), Euphorbiaceae, Lamiaceae, Onagraceae e Solanaceae, com três (3 %), Amaranthaceae, Convolvulaceae, Lauraceae, Malvaceae, Salicaceae e Verbenaceae, com duas (2 %). As demais famílias (19) foram representadas por apenas uma espécie (Figura 15). O habitat foi caracterizado pela presença de 12 espécies no estrato arbóreo e 84 espécies de hábito herbáceo.

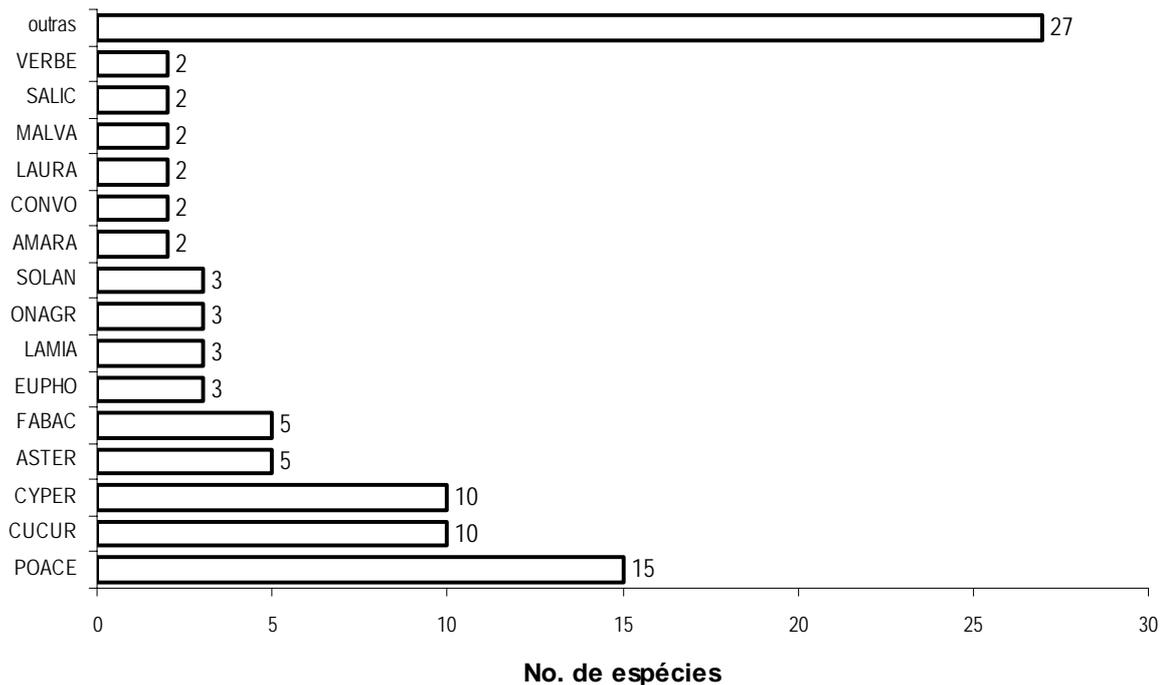


Figura 15 – Número de espécies presentes nas 24 parcelas (1,5 ha) da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. Na categoria “outras” estão incluídas as 19 famílias representadas por uma única espécie e as 8 espécies não identificadas.

4. Discussão

Analisando as três áreas da Ilha Nova (Figura 1), há uma clara diferença na composição de espécies. A área 1, na extremidade leste da ilha, pode ser considerada como área de transição de espécies, com predominância de *Cecropia* sp., seguida por *Alchornea castaneifolia*. Considerando que as idades máximas calculadas para *Cecropia latiloba* e *Salix martiana* não ultrapassam 20 anos (Worbes *et al.*, 1992), e que a espécie *Alchornea castaneifolia* inicia o processo de colonização juntamente com *S. martiana* (Junk, 1984), é de se supor que *Cecropia* está substituindo *A. castaneifolia* no processo de sucessão da Ilha Nova. Dessa maneira, após o estabelecimento de *A. castaneifolia*, possivelmente devido à maior retenção de sedimentos e matéria orgânica, o ambiente fica mais propício ao início da colonização por *Cecropia* sp. que se estabelece, aumenta localmente em densidade, passando a caracterizar um estágio intermediário no gradiente sucessional.

A área 2, parte central e região mais elevada, portanto menos inundada, pode ser definida como a porção mais antiga da ilha. Nessa parcela foram encontradas árvores com as maiores alturas e os maiores diâmetros, possivelmente representando o estágio sucessional

mais avançado existente na Ilha. Confirmando essa hipótese nessa área ocorre um grupamento monoespecífico de *Cecropia* sp. A espécie *Cecropia latiloba* cresce em elevações desde mais baixas a médias no gradiente de inundação, com preferência por locais de baixa correnteza e pouca sedimentação, ocorrendo em grupamentos monoespecíficos ou como dominante (Klinge *et al.*, 1995; Parolin *et al.*, 2002).

Na área 3 ficam as parcelas da extremidade oeste da Ilha, caracterizada por grupamentos de *S. martiana*, que pode indicar o primeiro estágio da sucessão arbórea. As descrições disponíveis de zanação e sucessão da vegetação mostram que a ocorrência de *Cecropia* depende da colonização anterior por *Salix*, que é a primeira colonizadora lenhosa em áreas alagáveis sujeitas a altas taxas de sedimentação (Terborgh & Petren 1991; Kalliola *et al.*, 1991; Worbes *et al.*, 1992). De acordo com Oliveira (1998) a espécie de *Salix* que ocorre às margens do Rio Solimões, na Amazônia Central, corresponde à descrição feita por Leybold em 1855, portanto, *Salix martiana*. Esta espécie, citada em Parolin *et al.* (2002) como *Salix humboldtiana*, ocorre principalmente em locais baixos sujeitos a longos períodos de inundação, com altas taxas de sedimentação e pouca perturbação antropogênica (Parolin *et al.*, 2002), além de facilitar o estabelecimento de outras espécies no processo de sucessão vegetal (Wilson, 1999).

Alguns estudos com comunidades de plantas têm indicado um aumento gradual na riqueza de espécies durante o processo de sucessão. As famílias dos indivíduos arbóreos encontradas no levantamento florístico não apresentaram alta riqueza de espécies. Contudo, 97 % dos indivíduos pertenceram a três dessas famílias. Algumas espécies tiveram ampla distribuição na área estudada, enquanto que outras se distribuíram de forma restrita e com elevados valores de densidade relativa, caracterizando uma formação de agrupamentos distintos. Isso sugere que o tempo de colonização na ilha ainda não é suficiente para evidenciar uma relação entre um aumento da riqueza e o processo de sucessão.

As espécies *Alchornea castaneifolia* e *Cecropia* sp. estão presentes no mesmo número de parcelas, porém, *A. castaneifolia* está distribuída ao longo de toda a área de estudo, enquanto *Cecropia* sp. está restrita à região leste e central da ilha. A parcela com maior diversidade (cinco espécies) também apresentou maior abundância da espécie mais dominante (*Cecropia* sp.). O grupamento e alta abundância de *Cecropia* sp., cerca de 60 %, estão relacionados a fase inicial do processo de sucessão no qual a Ilha Nova se encontra. Diferente do estudo de Worbes *et al.* (1992), que comparando diferentes áreas de estágio sucessional mais avançado, encontraram uma diversidade maior nas parcelas com poucos indivíduos das espécies mais abundantes.

Em Queiroz *et al.* (2006), que estudaram a estrutura e diversidade da flora da Caatinga, na Paraíba em uma área em processo de sucessão intermediária, com tendência ao estágio secundário, o IVI variou entre as espécies amostradas. No levantamento feito no presente estudo, o índice de valor de importância se destacou, principalmente, para *Cecropia* sp., com cerca de 60 %, sendo assim a espécie mais abundante da Ilha. As espécies *Cecropia* sp., *Salix martiana* e *Alchornea castaneifolia*, que obtiveram o $IVI > 30$, são importantes pioneiras no processo de colonização de áreas alagáveis. Apesar de *Pseudobombax munguba* ocupar cerca de 50 % das parcelas, possui apenas 7 % de IVI. Contudo, *S. martiana* que ocupa 30 % das parcelas apresentou cerca de 20 % de IVI. Esta espécie formou grupamentos monoespecíficos, sem a presença de outra espécie arbórea e estava concentrada na região oeste da ilha, área de maior correnteza. Igual fenômeno foi observado por Oliveira (1998) em sítios próximos a área deste estudo, onde registrou que as árvores de *S. martiana* se encontram nas cotas mais baixas (entre 23 e 25 m). Finalmente, indivíduos adultos da espécie *Vitex cymosa* foram encontrados nas parcelas centrais da área amostral, juntamente com indivíduos de *A. castaneifolia* e o grupamento de *Cecropia* sp., apesar de que no trabalho de Worbes *et al.* (1992) apenas plântulas dessa espécie foram encontradas ao longo da margem. Diferenças locais de correnteza e o tamanho relativamente reduzido da ilha podem explicar essas diferenças.

Um maior número de indivíduos nas menores classes de diâmetro foi encontrado nessa ilha jovem, já que se trata de uma área no início de seu processo de formação e sedimentação. De fato, em outros estudos avaliando a florística e a colonização em áreas alagáveis foi encontrado o mesmo padrão observado na área de estudo (Wittmann & Junk, 2003; Andrade *et al.*, 2008; Marinho, 2008). Além disso, esse padrão parece ser bastante comum, pois ocorre em diferentes biomas e aparece em vários estudos clássicos sobre a dinâmica florestal em processo de regeneração natural (por exemplo, Lieberman *et al.*, 1985; Primack *et al.* 1985; Hubbell & Foster 1986; Lamprecht, 1986; Gentry, 1988; Clark & Clark 1992; Laurance *et al.* 2004; Queiroz *et al.*, 2006).

Cecropia sp. e *Salix martiana* são as principais espécies pioneiras do estrato arbóreo que formam grupamentos monoespecíficos em áreas de várzea (Parolin *et al.*, 2002). Essas espécies foram mais abundantes na menor classe diamétrica. De acordo com Worbes *et al.* (1992) e Oliveira (1998), considerando que a espécie *S. martiana* possui um crescimento radial médio de 0,97 cm/ano, os indivíduos dessa espécie presentes na área amostral possuem menos de 3 anos de idade, uma vez que o maior diâmetro encontrado foi de 5,4 cm. Também Worbes (1985), por meio da análise e contagem de anéis de crescimento, verificou que

algumas plantas aparentam mais idade por ficarem mais tempo submersas. Porém, isso não ocorreu na área de estudo, já que 1 ano antes da coleta de dados de estrutura durante a listagem de espécies presentes na Ilha Nova, os indivíduos de *Salix martiana* ainda estavam no início de seu crescimento.

Assim como observado para os valores de diâmetro, o maior número de indivíduos foi encontrado pertencendo às menores classes de altura. Esse padrão já foi observado em florestas alagáveis, como salientado por Schöngart *et al.*(2000). Nas classes 1 e 2 (menor que 5 m e menor que 10 m de altura, respectivamente) as principais espécies foram *S. martiana* e *Cecropia* sp. As espécies *Alchornea castaneifolia* e *Cecropia* sp., que ocorreram nas quatro classes, foram as únicas com indivíduos maiores de 15 m.

A única espécie representada em todas as classes de diâmetro e altura foi *Cecropia* sp. O DAP e a altura dos indivíduos não caracterizam uma área de forte intervenção antrópica e podem indicar um processo de sucessão primária.

Os estádios pioneiros da sucessão primária das áreas alagáveis amazônicas são, freqüentemente, representados por muitas espécies herbáceas (Junk, 1986), dotadas de grande capacidade de adaptação e amplitude ecológica. A maioria é capaz de suportar longos períodos de seca, comuns a esses ambientes, transformando-se em formas terrestres, com adaptações anatômicas, fisiológicas e fenotípicas. As árvores ocorrem em baixa abundância na vegetação sucessional inicial, devido à competição (Harcombe, 1977), ausência de dormência prolongada, e escassez de dispersores devido ao habitat tão pouco diversificado (Bazzaz & Peckett, 1980; Oliveira, 1998).

As gramíneas iniciam os primeiros estádios de sucessão na várzea da Amazônia Central (Ellenberg, 1988; Worbes *et al.*, 1992), sendo as espécies mais importantes nesse sentido as gramíneas perenes *Echinochloa polystachya* e *Paspalum fasciculatum* (Worbes *et al.*, 1992), dotadas de grandes colmos (Piedade & Junk, 2000). Essas plantas enraizadas estabilizam os bancos de areia e argila durante a subida das águas e ajudam a impedir a erosão (Irion *et al.*, 1997; Piedade & Junk, 2000). Essas espécies que produzem elevadas quantidades de biomassa (Junk & Piedade, 1993a; 1997), estavam presentes em mais de 50 % das parcelas monitoradas. O alto valor de biomassa para essas duas herbáceas está relacionado ao ciclo de vida dessas espécies; enquanto *P. fasciculatum* maximiza seu crescimento durante a fase terrestre ficando em forma dormente durante a inundação, *E. polystachya* tem seu ciclo de vida associado à fase aquática, sendo a fase terrestre de rebrota e menor biomassa. Por esse motivo na fase do ciclo hidrológico analisada, o percentual de biomassa obtido para *P. fasciculatum* foi maior do que aquele de *E. polystachya*. Essas duas espécies podem ocupar as

mesmas áreas durante a fase terrestre, como foi observado nas parcelas deste estudo e no trabalho de Conserva (1998).

Herbáceas aquáticas e semi-aquáticas crescem em grandes quantidades na várzea e mostram altas taxas de produção e de valores de biomassa (Junk & Piedade, 1993b). Elevadas densidades de *Paspalum fasciculatum* ocorrem principalmente em áreas de depósitos de sedimentos recentes marginais a rios e lagos (Conserva, 1998), similares àquelas encontradas nas parcelas da extremidade oeste da Ilha Nova, onde a espécie contribuiu com mais de 60 % à biomassa total. Entretanto, a planta pode ocorrer também em posições mais elevadas do gradiente, desde que não haja sombreamento por espécies de porte mais elevado, como, por exemplo, árvores (Conserva & Piedade, 1998; 2001). Essa situação foi observada nas parcelas da porção central da área amostral, onde *P. fasciculatum* ocorreu com 100 % de frequência. Essa planta semi-aquática, cujo período vegetativo principal é durante a fase terrestre, tem colmos que suportam dormentes de dois a três anos de inundação contínua (Junk & Howard-Williams, 1984), e asseguram o sucesso na propagação vegetativa na fase terrestre subsequente (Junk, 1970). A espécie *P. fasciculatum* possui alta produção de biomassa (Junk & Piedade, 1993a; 1997) e valores que chegam até $57 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Junk & Piedade, 1993b), da qual 50 % é decomposta durante a fase aquática (Junk & Weber, 1996). As coletas na área de estudo foram realizadas durante a fase terrestre, quando os caules crescem a um ritmo constante (Junk & Piedade, 1993a), o que pode explicar a alta biomassa de *P. fasciculatum* na Ilha Nova. Em toda a área amostral essa espécie contribuiu com cerca de 50 % da biomassa total obtida, sendo a espécie herbácea dominante em 90 % das parcelas onde ocorreu.

A espécie *Echinochloa polystachya* é considerada altamente produtiva dentre as gramíneas (Piedade *et al.*, 1991; Morison *et al.*, 2000). Seu ciclo de vida é sincronizado com a subida do nível da água e a fase aquática do ciclo hidrológico (Piedade *et al.*, 1992; Piedade, 1993), contudo, essa espécie cresce tanto na fase aquática quanto na fase terrestre (Junk & Piedade, 1993a). Quando o nível da água começa a diminuir, as plantas parcialmente submersas começam a se decompor em sua porção basal; esse processo progride de forma que na fase terrestre apenas partes remanescentes dos colmos da velha geração cobrem os sedimentos e destes uma intensa rebrota tem início. Provavelmente por esse motivo, essa espécie apresentou menos da metade do percentual de biomassa medida para *P. fasciculatum*. Mesmo assim, foi dominante em aproximadamente 70 % das parcelas coletadas. Em Morison *et al.* (2000), durante a fase terrestre, foram registrados valores de $11,64 \text{ t.ha}^{-1}$ para a espécie *E. polystachya*, a qual pode acumular uma biomassa de até $80 \text{ t.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (Piedade *et al.*, 1991). Os maiores valores de biomassa para *E. polystachya* foram encontrados nas parcelas

do lado leste da ilha, porção da área amostral mais próxima da margem do rio, com solo bastante úmido no início da fase terrestre. Isso pode estar relacionado com o fato dessa espécie ocupar o limite inferior da faixa de distribuição da vegetação enraizada da várzea, próximo ao limite da linha da água (Piedade *et al.*, 1997). Essas áreas acabam sendo dominadas por *E. polystachya*, pois, além de seu rápido crescimento, grande quantidade de material da espécie proveniente da geração anterior colapsa e se decompõe, cobrindo a superfície do solo, inibindo o crescimento de espécies concorrentes (Piedade *et al.*, 1992).

De acordo com Wantzen & Junk (2000), em áreas alagáveis poucas espécies representam grande parte da biomassa e abundância, enquanto muitas espécies são representadas somente por poucos indivíduos por unidade amostral. Os ciclos de vida curtos e as altas taxas de reprodução da vegetação desses ambientes permitem a colonização rápida de áreas perturbadas e a reposição de perdas populacionais (Junk & Piedade, 1993b; 1994).

Durante a seca quase nenhuma vegetação flutuante é encontrada nos rios. Somente com o aumento do nível da água, quando a conexão com as águas isoladas é restabelecida, é que grandes quantidades de plantas flutuantes aparecem nos rios (Junk, 1970). Na Ilha Nova foram encontradas algumas espécies livre flutuantes, como *Eichhornia crassipes*, *Salvinia auriculata* e *Azolla filiculoides*, o que sugere a transição da fase aquática para terrestre. Contudo, no fim da estação seca brotos de espécies arbóreas pioneiras, como *Pseudobombax munguba*, *Cecropia latiloba* e *Salix martiana*, como também pedaços de gramíneas perenes, podem se desenvolver entre a comunidade de herbáceas pioneiras. De acordo com Junk (1986), durante a cheia, os campos são ocupados pelas gramíneas aquáticas como *Hymenachne amplexicaulis* e *Paspalum repens*, e pelas plantas livre flutuantes.

O adensamento de espécies herbáceas em algumas parcelas dificulta o estabelecimento de espécies arbóreas e arbustivas pioneiras na área, como *Cecropia* sp. *Salix martiana* e *Alchornea castaneifolia*; estas, por sua vez, são substituídas por espécies de competitividade maior (Junk, 1989a). Segundo Puhakka *et al.* (1993), essas mesmas espécies arbóreas citadas não toleram sombra, o que sugere que o sombreamento que elas propiciam favorece o estabelecimento de outras espécies de árvores. As espécies arbóreas encontradas na Ilha Nova, como *Cecropia* sp., *S. martiana*, *A. castaneifolia*, *P. munguba* e *Vitex cymosa*, ainda não atingiram porte suficiente para sombrear o solo e diminuir a biomassa de herbáceas. Na área de estudo, indivíduos de *S. martiana* com a altura máxima de 8 m e 5 cm de DAP estavam cercados de expressivas quantidades das gramíneas *E. polystachya* e *P. fasciculatum*. A mesma situação foi observada por Oliveira (1998), com indivíduos de *S. martiana* com mais de 10 m de altura circundados pelas mesmas espécies herbáceas.

A perturbação decorrente das altas taxas de erosão e sedimentação, e também o tamanho dos grãos de sedimentos afetam a distribuição de plantas (Junk 1989a). A maioria das parcelas apresentou maior percentual de grãos finos, porém isso influenciou apenas a vegetação arbórea, ficando clara a preferência, por exemplo, da espécie *S. martiana* por solos arenosos. Bancos de areia nos rios da Amazônia são menos colonizados por plantas herbáceas do que bancos argilosos (Junk & Piedade, 1997); isso se deve à maior capacidade de retenção da água em solos argilosos do que em solos arenosos (Junk, 2000).

As espécies invasoras têm sobrevivido através dos tempos devido à sua habilidade de resistir a inúmeras condições climáticas adversas, tolerando altas e baixas temperaturas, ambientes secos e úmidos e variações no suprimento de oxigênio (Christoffoleti & Caetano, 1998). Uma das principais características de solos inundados é a falta de oxigênio (Armstrong, 1978) e esse é provavelmente o fator limitante mais importante no crescimento e sobrevivência de plantas angiospermas em tais habitats (ap Rees *et al.*, 1987). Algumas espécies de plantas de áreas alagáveis podem sobreviver por semanas ou meses sob condições de baixa concentração ou ausência de oxigênio (Crawford, 1982). Esse período varia de acordo com a espécie e as condições impostas pela anoxia (Crawford *et al.*, 1987). A espécie *Salix martiana* possui um sistema radicular profundo que permite melhor fixação e capacidade de suportar condições adversas como a correnteza da água, por sua vez, pode precisar de mais oxigênio que as outras, o que explicaria a necessidade de se estabelecer em solos arenosos. Isso pode explicar o fato de que essa espécie produz raízes adventícias próximas à superfície do solo (Parolin *et al.*, 2002), suprindo assim sua necessidade por oxigênio.

A análise global das espécies presentes na Ilha Nova indica que a representatividade das famílias observadas no campo está de acordo com o constatado para restingas herbáceas do sul do Brasil (Klein *et al.*, 2007), onde se verifica predominância de Poaceae, Cyperaceae, Asteraceae e Fabaceae, variando apenas na ordem de importância. Este padrão parece ser decorrente do sistema aberto de entrada de material alóctone favorecido pelas cheias, devido à oscilação do nível da água, juntamente com o material inorgânico como areia, silte e argila, material de origem orgânica na forma de detritos coloniza esses ambientes. Dessa forma, também frutos e sementes atingem a área, podendo então colonizar esses ambientes abertos.

A deposição e a remoção periódica de liteira e do banco de sementes afeta o recrutamento de sementes e plântulas e, por essa razão, influencia na seleção de espécies capazes de sobreviver nessas áreas (Rodrigues, 1992), favorecendo assim a presença de espécies pioneiras (Metzger *et al.*, 1997). Apesar das herbáceas geralmente serem vistas como

invasoras, esse grupo de plantas é fundamental no processo de sucessão, atuando no primeiro estágio de colonização do ambiente alterado ou aberto à colonização.

Devido a seu relevo baixo, a Ilha Nova passa grande parte do ano submersa, o que pode influenciar a composição de espécies e a velocidade do processo de sucessão que nela está se processando. Estudando dois tipos de ilhas, Piedade *et al.* (2005a) sugerem que a colonização deve estar ligada à ocorrência de ciclos maiores de secas que, deixando o banco arenoso ou argiloso exposto por um tempo mais prolongado, podem acelerar o processo de colonização inicial.

Os estudos de comunidades de plantas herbáceas e florestas inundáveis próximas à região de Manaus indicam que há estádios serais específicos, os quais tendem a se estabilizar ao longo do gradiente de inundações. Eles começam com plantas herbáceas anuais, passam para comunidades herbáceas perenes, são depois substituídos por diferentes espécies arbóreas pioneiras, e finalmente por espécies clímax (Worbes, *et al.*, 1992; Junk & Piedade, 1997; Worbes, 1997).

5. Conclusões

A riqueza de espécies e a biomassa de herbáceas diminuem de acordo com a idade da ilha, em função do sombreamento promovido pelas árvores.

A idade estimada para a Ilha Nova, cerca de 15 anos, parece ser confirmada pela composição de espécies encontrada, sua abundância e o IVI dos indivíduos, indicando que a vegetação dessa ilha se encontra ainda nos primeiros estádios de sucessão, dominada por espécies pioneiras.

A composição sedimentar, a alta densidade e biomassa de espécies herbáceas colonizadoras iniciais e a baixa representatividade florística das espécies secundárias tardias em relação às pioneiras indicam que a Ilha Nova se encontra ainda em um processo de sucessão primária.

Não houve relação entre granulometria, ocorrência e ausência de espécies herbáceas. Contudo, a espécie arbórea *Salix martiana* encontra-se restrita a substratos arenosos e as demais arbóreas aos substratos de granulometrias mais finas.

Capítulo 2: Composição do banco de sementes do solo em uma ilha jovem da várzea da Amazônia Central

Resumo

Os ambientes de várzea são áreas relativamente jovens e estão em constante processo de sedimentação e erosão. Todo ano na várzea Amazônica são depositadas novas áreas sujeitas a colonização de espécies. Em outubro de 2007, durante o início da fase terrestre na Ilha Nova, 3°15'S, 59°55'O, Rio Solimões, nas proximidades de Manaus, Amazonas, foram realizadas coletas de solo, nos gradientes horizontal e vertical, para identificar a composição do banco de sementes dessa área recém sedimentada de várzea. Foram marcados 12 pontos, e três profundidades em cada um deles (A = 0-0,5 m; B = 0,51-1 m; C = 1,01-1,5 m). As amostras foram transportadas para Casa de Vegetação - Inpa/Manaus, onde foram espalhadas para germinar, e observadas durante 16 semanas. Para os testes estatísticos foi usado o pacote estatístico Systat 12.0. O banco de sementes analisado foi composto de 2024 plantas e 31 espécies, basicamente herbáceas, com predominância de Cyperaceae e Poaceae. Ao contrário do que foi observado na composição atual da Ilha Nova, o banco de sementes apresentou maior riqueza para a família Cyperaceae do que para Poaceae, além disso, das 96 espécies que compunham a vegetação da Ilha, apenas seis germinaram no banco de sementes. A espécie mais abundante e com maior índice de velocidade de germinação foi *Sphenoclea zeylanica* (Sphenocleaceae). Não houve diferença significativa na abundância e riqueza de espécies nas três profundidades avaliadas. Porém, mais de 40 % dos indivíduos germinaram na amostragem de solo coletada a 0,5 m de profundidade. A maior proporção de germinação ocorreu na terceira semana de observação, com 50 %, 50 % e 30 % de emergência nos estratos 0,5 m, 1 m e 1,5 m, respectivamente. A Ilha Nova apresentou um banco de sementes viáveis em estratos de até 1,5 m de profundidade, que podem estar enterradas por mais de um ano e, por conseguinte, podem caracterizar o banco de sementes como persistente.

Palavras-chave: comunidade vegetal, herbáceas, sucessão vegetal, demografia de plantas, ecologia vegetal.

1. Introdução

A germinação de sementes é a reativação do crescimento do embrião resultando no rompimento do tegumento da semente e na emergência da plântula (Malavasi, 1988). Esse processo é geralmente afetado por quatro fatores importantes: hidratação, aeração, temperatura e luz (Bewley & Black, 1982). O tempo necessário para a semente germinar, após as condições favoráveis serem estabelecidas, pode estar associado com a estratégia de regeneração (Garwood, 1996). As áreas inundáveis da Amazônia Central são submetidas a oscilações médias de nível da água de 10 metros, definindo uma fase aquática e uma fase terrestre às quais a biota deve se adaptar (Junk *et al.*, 1989). Assim, nesses ambientes o tempo disponível para a germinação das plantas é curto, reduzido à fase terrestre. Como essa fase é fundamental para a eficiência do estabelecimento, esse curto tempo deve ser eficientemente usado para o crescimento de plântulas (Parolin *et al.*, 2003).

O requerimento de luz para germinação permite às sementes germinarem na água, ou próximo à superfície do solo, e assegura que sementes pequenas não germinem em profundidades nas quais suas reservas serão inutilmente usadas no crescimento da plântula em direção à superfície. Isso se constitui em um mecanismo para manter o banco de sementes dormentes no solo (Frankland *et al.*, 1987).

Denomina-se banco de sementes a reserva de propágulos vegetativos viáveis, inclusive sementes, presentes no solo, tanto em profundidade quanto em sua superfície, capazes de recompor uma vegetação local, dando continuidade ao ciclo de vida das espécies vegetais (Almeida-Cortez, 2004; Baskin & Baskin, 1998; Christoffoleti & Caetano, 1998; Roberts, 1981; Fernández-Quintanilla *et al.*, 1991). O banco de sementes é também um arquivo de informações das condições ambientais e práticas culturais anteriores, sendo importante para a avaliação do potencial de infestação das plantas invasoras no presente e no futuro (Templeton & Levin, 1979). A relação direta entre o histórico da área e o sistema de produção adotado pode causar grandes variações na composição e na densidade do banco de sementes (Vilar, 2006).

O banco de sementes tem uma composição variável, podendo ser formado por sementes alóctones (originadas de outros locais) e/ou autóctones (sementes das espécies do local) (Almeida-Cortez, 2004), e pode ser classificado como temporário ou persistente (Almeida-Cortez, 2004; Christoffoleti & Caetano, 1998; Thompson & Grime, 1979).

Banco de sementes temporário é composto de sementes de vida curta, as quais não apresentam dormência e são dispersas por curtos períodos de tempo durante o ano, enquanto

no banco persistente as sementes possuem um ou mais anos de idade, e permanecem enterradas no solo ano após ano (Garwood, 1989; Thompson & Grime, 1979; Walck *et al.*, 1996).

De acordo com Grime (1979), a maioria dos bancos de sementes do solo consiste de sementes enterradas; entretanto, algumas sementes estão na superfície do solo (Roberts, 1981) ou na liteira, detritos, ou húmus (Komarova, 1985). As sementes podem cair em fendas no solo, ter partículas levadas pelo vento, ou serem cobertas por sedimentos durante a inundação (Baskin & Baskin, 1998).

A dinâmica em um banco de sementes é influenciada diretamente pela sucessão de entrada e saída de sementes ao longo do tempo (Simpson *et al.*, 1989). Isto é o que determina a densidade populacional de uma espécie na comunidade, como reserva de sementes ou de plantas, mesmo que a correlação entre elas seja baixa (Rice, 1989).

Em áreas alagáveis amazônicas a sucessão começa com plantas aquáticas em águas abertas e leva diretamente, após alguns estádios, para a floresta inundada. Devido à estreita relação entre a vegetação e os corpos de água adjacentes, predomina em ambientes alagáveis a sincronia da abscisão de frutos com os níveis altos das águas, sendo os mecanismos de dispersão de propágulos relacionados às síndromes de dispersão (Piedade *et al.*, 2006).

As síndromes de dispersão são definidas com base nas características estruturais dos frutos e sementes. Podem também ser classificados os agentes de dispersão em abióticos (vento, água, peso) e bióticos (mamíferos, aves, répteis, peixes, formigas) (Almeida-Cortez, 2004). As principais síndromes de dispersão associadas a áreas alagáveis são: hidrocoria, com sementes dispersas pela água; ictiocoria, dispersas por peixes; anemocoria, dispersão pelo vento e ornitocoria, por pássaros (Pijl, 1982; Gottsberger, 1978; Goulding, 1980; Goulding, 1983; Oliveira & Moreira, 1992; Kubitzki & Ziburski 1994; Griz *et al.*, 2002). Esses mecanismos, além de propiciarem a colonização dos novos habitats formados pela deposição do rio ou decorrentes da remoção da cobertura vegetal pela correnteza, favorecem o desenvolvimento de plantas jovens em locais mais propícios a elas.

As sementes podem ser dispersas por um ou mais de um dispersor. Segundo Junk (1989a), provavelmente todas as sementes e frutos são consumidos pelo menos ocasionalmente, ou em parte, por uma ou mais das numerosas espécies de peixes da Amazônia, porém não se sabe quanto esse consumo e a dispersão estão correlacionados.

Nas florestas inundáveis a maioria dos diásporos que cai na água mantém-se flutuando por períodos de tempo variáveis antes de afundar para o solo, onde irá permanecer (Kubitzki & Ziburski, 1994). De um vasto número de sementes presentes no solo após a dispersão,

apenas uma fração minúscula germina para formar plântulas (Harper, 1977). Assim, a propagação vegetativa tem uma importante função, particularmente nas espécies que formam agrupamentos monoespecíficos (Worbes, 1997).

Alguns habitats são considerados arriscados para sobrevivência de plantas, principalmente espécies anuais. As condições podem ser tão severas em alguns anos que todos os indivíduos morrem antes de terem a chance de se reproduzir (Baskin & Baskin, 1998). Uma maneira das espécies sobreviverem em ambientes de risco é terem um banco persistente de sementes (Cohen, 1966).

O papel de um banco de sementes na colonização de um novo local em áreas alagáveis é considerado insignificante, já que estes locais são formações de depósitos recentes, com sedimentos derivados da parte mais baixa do chão da floresta antiga, a qual possui uma vegetação diferente. Conseqüentemente, a colonização depende da chegada dos propágulos, disponíveis após a recuada das águas (Kalliola *et al.*, 1991). Esta dinâmica, contudo, até o momento não foi devidamente acompanhada.

Sabe-se que espécies pioneiras se estabelecem após a remoção ou perturbação da floresta. Entretanto, não está claro se as espécies pioneiras resultam das sementes presentes no solo, ou daquelas dispersadas para o local após remoção das espécies clímax (Baskin & Baskin, 1998). Como não se tem informação suficiente sobre a fenologia de dispersão de sementes e germinação nos trópicos, principalmente para herbáceas em áreas alagáveis, é difícil afirmar se as sementes nas amostras de solo são provenientes de bancos de sementes persistentes, temporários, ou persistentes e temporários. Além disso, sementes de espécies pioneiras que germinam em amostras de solo podem ter muitos meses ou anos de idade, ou podem ter sido dispersadas recentemente (Baskin & Baskin, 1998).

Este estudo determinou a composição do banco de sementes do solo de uma ilha recentemente depositada na várzea do Rio Solimões, Ilha Nova, e sua similaridade com as espécies já estabelecidas na área de estudo.

2. Material e Métodos

2.1 Coletas de solo

As coletas de dados foram feitas em uma ilha jovem do rio Solimões 3°15'S, 59°55'O,

Ilha Nova, cerca de 20 km SE da cidade de Manaus, Amazonas (Figura 1).

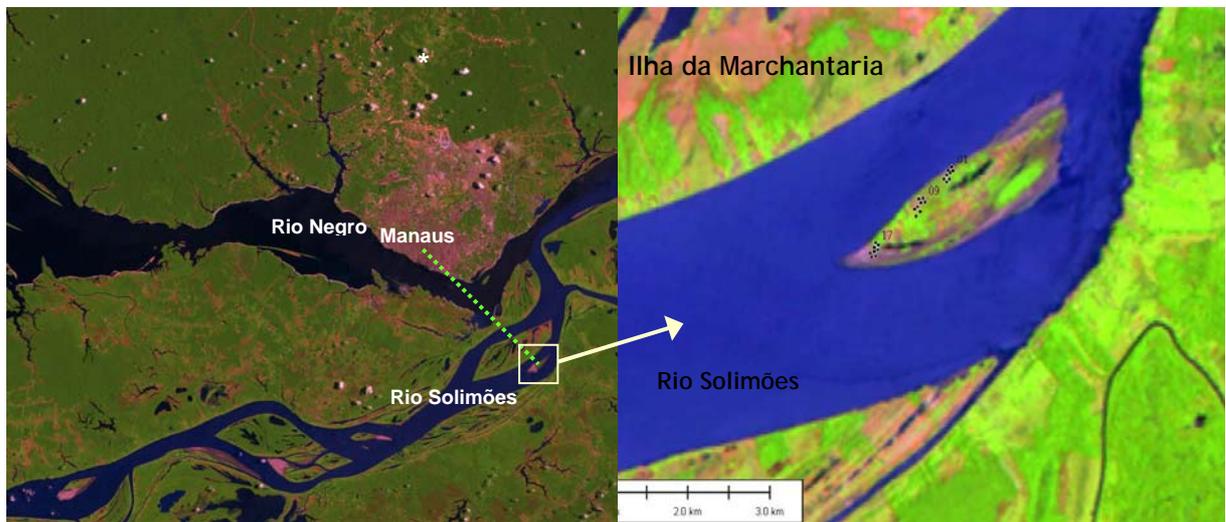


Figura 1 - Área de estudo mostrando a localização da Ilha da Marchantaria (escala) em relação à Ilha Nova, ambas localizadas no Rio Solimões 3°15'S, 59°55'W a 20 km de Manaus, Am. (Imagem Landsat TM; Fonte: INPE, 2002 e 2009, respectivamente).

Para estudo da composição florística do banco de sementes foram realizadas coletas no mês de outubro de 2007. As amostras foram retiradas apenas nos dois lados (barrancos) Norte e Sul da ilha. Não foram feitas coletas nas extremidades da Ilha, enquanto em uma ponta estava completamente coberta pela espécie *Cynodon dactylon* – Poaceae, a outra estava com o substrato exposto (Figura 2).

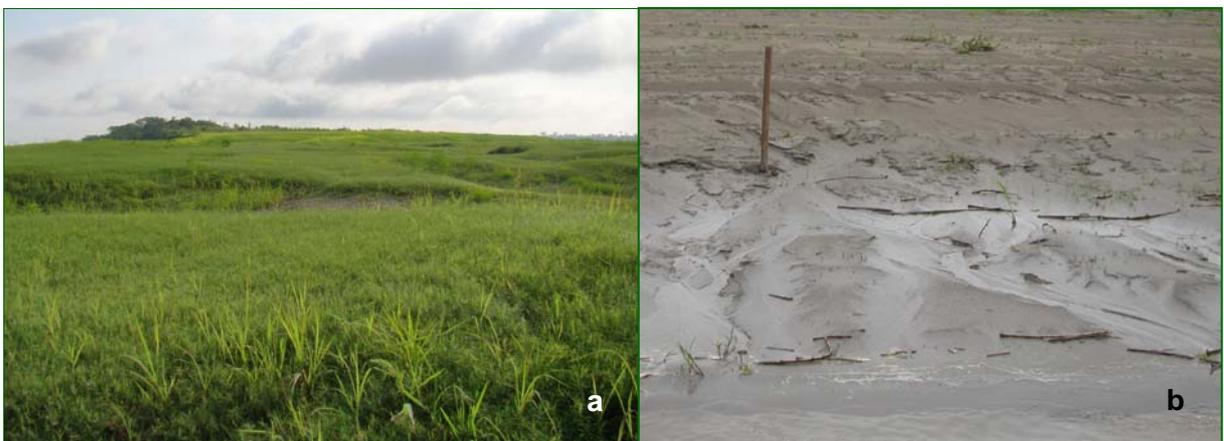


Figura 2 – Extremidade Oeste com predominância de *Cynodon dactylon* (a) e extremidade Leste sem vegetação aparente (b), na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

A cada 300 m foram marcados os locais para coleta de solo, totalizando 12 pontos, seis em cada lado da Ilha. A distância entre os pontos de coleta foi medida com trena, e os pontos marcados com uma estaca de madeira (piquete) presa ao solo.

Sendo os declives pouco pronunciados, foi possível coletar no máximo em 3 (três) níveis, denominados A, B e C, a 0 a 50 cm, 51 a 100 cm e 101 a 150 cm, respectivamente, em relação ao nível do rio. Não foi possível a coleta a 150 cm no primeiro ponto, pois este estava próximo do platô. Também foram registradas as distâncias da margem até o ponto de coleta, assim como a vegetação em um raio de aproximadamente 5 m.

As amostras de solo foram retiradas com auxílio de uma pá de corte e um gabarito de madeira, com a dimensão 20 X 30 X 5 cm (largura x comprimento x altura), permitindo a padronização das amostras coletadas nos três níveis, eliminando anteriormente a camada de folhiço (Figura 3).

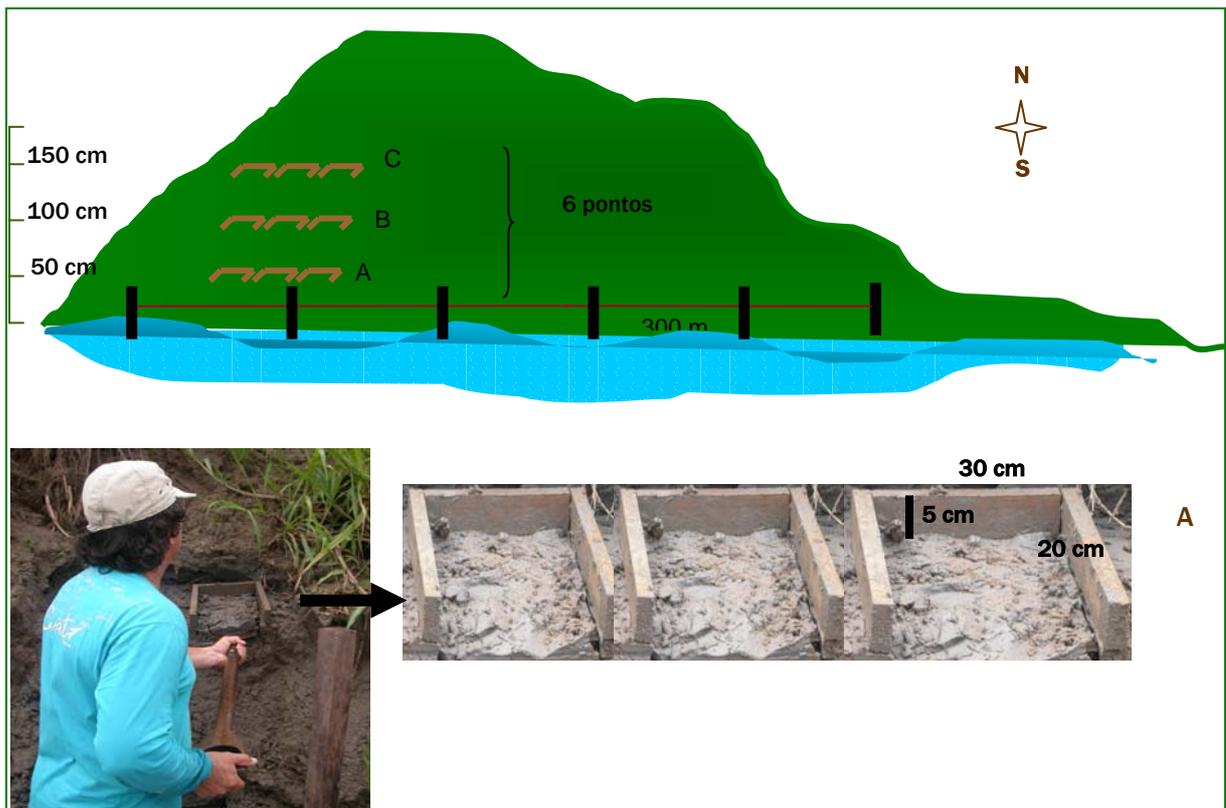


Figura 3 – Pontos de coleta de solo a cada 300 m de distância, com três profundidades diferentes: A (0 a 50 cm), B (51 a 100 cm) e C (101 a 150 cm) e três réplicas em cada coleta, para amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

As amostras coletadas foram armazenadas em sacos plásticos de 5 Kg devidamente identificados, e transportados à casa de vegetação do Projeto Inpa/Max Planck, no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa), na cidade de Manaus.

2.2 Emergência de plântulas – casa de vegetação

A casa de vegetação (Figura 4) está localizada no campus I – Bosque da Ciência (INPA) possui a dimensão de 150 m², com temperatura variando entre 26-36 °C e umidade relativa que chega até 70 %. Apresenta cobertura e revestimento lateral de tela de polietileno “sombrite” (Conserva, 2006).



Figura 4 – Casa de vegetação do projeto INPA/Max-Planck, localizada no campus I – Bosque da Ciência (INPA).

As três amostras de cada profundidade foram misturadas originando uma amostra composta. Da amostra composta foram retiradas três subamostras. Essas subamostras foram espalhadas em bandejas plásticas (21 cm largura x 34,5 cm comprimento x 7 cm altura) e deixadas na casa de vegetação sob 70 % de radiação solar (Figura 4). Após a montagem do experimento com banco de sementes, o restante das amostras de solo foi encaminhado para o Laboratório de Solos da Embrapa Ocidental, para análise granulométrica (areia, silte e argila).



Figura 5 – Casa de vegetação do projeto INPA/Max-Plank em Manaus, Amazonas, com 105 bandejas (21 x 34,5 x 7 cm) com solo para germinação, dos 12 pontos coletados na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, sob 70 % de radiação solar.

O método usado para estimar a composição do banco de sementes foi o de emergência de plântulas. O experimento foi conduzido durante 124 dias, com irrigações feitas de acordo com a necessidade, e a germinação foi monitorada inicialmente a cada dois dias; após os primeiros 30 dias as observações foram semanais. Foi observado tanto o aparecimento de sementes e/ou sementes germinadas, quanto de plântulas proveniente de propagação vegetativa (estolões). As plântulas foram contadas e identificadas com auxílio de literatura e outros bancos de dados digitais. Quando a identificação não foi possível, os exemplares foram transferidos para outro recipiente para desenvolvimento e posterior identificação.

2.3 Análises de dados

Na contagem de indivíduos foi considerada cada planta acima da superfície do solo, resultando em valores de densidade e riqueza de espécies presentes no banco de sementes. A partir desses dados também foi calculada a germinação acumulada nos quatro meses de

observação, usando como valor percentual (100 %) o total de indivíduos germinados até o fim do experimento. Além disto, foi também calculada a velocidade de germinação para as espécies identificadas.

Para as análises estatísticas foi utilizado o pacote estatístico Systat 12.0. A Regressão Linear Simples foi utilizada para verificar a relação entre a riqueza de espécies germinadas e a porcentagem de areia, silte e argila do solo; a correlação de Pearson para verificar a relação entre a riqueza de espécies e a ordem dos pontos amostrados. Para avaliar se a riqueza de espécies variava com a profundidade de coleta e o tipo de solo, foi utilizada Anova. O teste de Tukey ($p < 0,05$) foi utilizado para avaliar as diferenças significativas entre os níveis de profundidade. Para analisar a estrutura da comunidade de plântulas germinadas foi feito um ordenamento das espécies pelo gradiente de areia, silte e argila do solo.

3. Resultados

Em todas as bandejas com as amostras de solo ocorreu germinação. Alguns indivíduos não entraram em fase reprodutiva após a germinação e não puderam ser identificados, outros só foram observados até a germinação (Figura 6a). Devido ao tamanho e à fragilidade das plântulas, algumas espécies foram perdidas antes de serem identificadas (Figura 6b). Tais espécies foram agrupadas em morfotipos (msp). No total foram registradas 2024 plantas e 31 espécies (incluindo os morfotipos), todas pertencentes ao estrato herbáceo (Tabela 1).



Figura 6 - (a) msp 6 (semente com 1 mm de comprimento), morfotipo observado até a germinação e (b) msp 3 (semente com 3 mm de comprimento), morfotipo desaparecido antes de ser identificado na amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

A abundância variou de 1 a 1000 indivíduos por espécie (Tabela 1). As espécies menos abundantes, com no máximo 15 indivíduos, representaram 64,5 % da composição do banco de sementes, enquanto as espécies mais abundantes, com mais de 30 indivíduos, representaram apenas 35,5 %, com destaque para *Sphenoclea zeylanica* com 1115 indivíduos, e com o maior índice de velocidade de germinação. De acordo com a lista de espécies presentes na área de estudo (Anexo 1, do Capítulo 1), apenas seis espécies das 96 atualmente estabelecidas na Ilha Nova (Tabela 1) germinaram no banco de sementes do solo.

Tabela 1 – Lista das 31 espécies e morfotipos encontradas no banco de sementes de solo no período de 4 meses, n° de indivíduos, com seus respectivos índices de velocidade de germinação (IVG), nas amostras obtidas nas profundidades A (0,50 m), B (1 m) e C (1,5 m) na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Família	Espécie	No. Índiv.	IVG A	IVG B	IVG C	IVG total
Sphenocleaceae	<i>Sphenoclea zeylanica</i>	1115	27,39	19,81	7,77	54,97
Poaceae	<i>Steinchisma laxa</i>	160	1,24	0,79	1,21	3,24
	<i>Oryza</i> sp.	10	0,06	0,11	0,11	0,27
	<i>Echinochloa polystachya</i>	1	0,06	0,00	0,00	0,06
Cyperaceae	<i>Fimbristylis cf quinquangularis</i>	66	2,05	0,66	0,45	3,16
	<i>Cyperus surinamensis</i>	65	1,08	0,33	0,41	1,82
	<i>Cyperus</i> sp. 5	14	0,45	0,03	0,09	0,57
	<i>Cyperus</i> sp. 11	8	0,34	0,00	0,00	0,34
	<i>Oxycaryum cubense</i>	3	0,05	0,00	0,00	0,05
	<i>Cyperus</i> sp. 14	2	0,00	0,09	0,00	0,09
	sp. 33	2	0,11	0,00	0,00	0,11
	<i>Cyperus ferax</i>	1	0,06	0,00	0,00	0,06
	<i>Cyperus</i> sp. 20	1	0,00	0,00	0,04	0,04
	sp. 23	1	0,03	0,00	0,00	0,03
	<i>Fimbristylis cf dichotoma</i>	1	0,00	0,00	0,01	0,01
Loganiaceae	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	89	0,25	0,57	0,83	1,65
Onagraceae	<i>Ludwigia decurrens</i>	74	0,97	0,77	0,61	2,35
	<i>Ludwigia densiflora</i>	54	1,35	0,70	0,38	2,44
Briófita	“musgo”	68	0,00	0,00	1,35	1,35
Scrophulariaceae	<i>Lindernia crustacea</i>	5	0,02	0,00	0,03	0,05
	<i>Stemodia hyptoides</i>	1	0,00	0,00	0,04	0,04
Pteridaceae	<i>Ceratopteris pteridoides</i>	1	0,00	0,00	0,02	0,02
Indet	msp 3	148	0,61	0,84	0,81	2,25
Indet	msp 6	80	0,33	0,37	0,46	1,16
Indet	msp 7	30	0,07	0,12	0,14	0,33
Indet	msp 8	10	0,02	0,09	0,02	0,14
Indet	msp 9	6	0,02	0,02	0,02	0,06
Indet	msp 1	4	0,00	0,00	0,17	0,17
Indet	msp 5	2	0,00	0,00	0,05	0,05
Indet	msp 11	1	0,00	0,00	0,01	0,01
Indet	msp 12	1	0,00	0,00	0,01	0,01

Espécies em azul também estavam presentes na cobertura vegetal atual da Ilha Nova.
Espécies com n° indivíduos ≥ 30 estão em destaque na coluna “No. indiv.”.

A riqueza variou de 4 a 10 espécies por profundidade em cada ponto de coleta (Tabela 2). Com a análise granulométrica foi obtida a classificação textural do solo e o percentual de grãos de areia, silte e argila para cada profundidade e ponto de coleta (Tabela 2). Considerando os três níveis de profundidade, 43 % dos indivíduos germinaram de 0-0,5 m, 33 % de 0,51-1 m e 24 % de 1,01-1,5 m de profundidade. Em relação à granulometria, 73 % da germinação ocorreu no substrato com maior percentual de areia, sendo que deste, 23 %, 44 % e 33 % a 0,5 m, 1 m e 1,5 m de profundidade, respectivamente.

Tabela 2 – Riqueza e abundância (nº de indivíduos) de espécies, e granulometria nos pontos de coleta para as diferentes profundidades: 0,5 m; 1 m e 1,5 m na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Ponto	Prof m)	Dist m)	Riqueza	No. Ind.	Textura do solo	% areia	% silte	% argila
1	0,5	1,80	10	151	Franco Arenosa	72,37	22,38	5,25
	1	5,25	8	240	Areia	87,53	11,32	1,15
2	0,5	1,18	6	34	Franco Siltosa	44,29	50,41	5,30
	1	1,54	4	8	Franco Siltosa	34,54	53,46	12,00
	1,5	2,50	9	44	Franco Arenosa	59,95	32,85	7,20
3	0,5	0,80	6	42	Franco Siltosa	11,47	69,53	19,00
	1	1,24	6	15	Franco Arenosa	69,64	24,71	5,65
	1,5	2	9	77	Franco Arenosa	64,99	33,31	1,70
4	0,5	1,12	4	15	Franco Siltosa	14,57	68,93	16,50
	1	1,53	7	28	Franco Arenosa	71,54	24,96	3,50
	1,5	3,15	7	33	Areia	93,89	4,51	1,60
5	0,5	1,92	8	38	Franco Arenosa	70,02	26,23	3,75
	1	3,34	10	28	Franco Arenosa	73,97	20,98	5,05
	1,5	5,47	8	42	Franco Arenosa	71,93	25,22	2,85
6	0,5	1,58	6	18	Franca	41,56	47,44	11,00
	1	3,5	6	19	Franco Arenosa	71,19	25,61	3,20
	1,5	6,77	5	15	Franco Arenosa	55,41	41,19	3,40
7	0,5	1,44	6	19	Areia	92,54	7,41	0,05
	1	1,86	10	62	Areia	87,46	12,44	0,10
	1,5	2,37	8	24	Areia	94,95	3,10	1,95
8	0,5	1,88	8	46	Franco Arenosa	58,86	33,79	7,35
	1	3,41	5	16	Franco Arenosa	62,91	32,09	5,00
	1,5	5,14	5	19	Areia	92,25	6,31	1,45
9	0,5	2,45	8	34	Areia	92,14	6,71	1,15
	1	12,5	8	40	Areia Franca	76,20	21,25	2,55
	1,5	16,4	6	26	Franco Arenosa	58,97	35,58	5,45
10	0,5	1,6	8	431	Franco Siltosa	35,32	55,28	9,40
	1	4	6	162	Areia	89,74	9,01	1,25
	1,5	6,8	5	118	Areia	92,43	6,32	1,25
11	0,5	5,32	9	31	Areia Franca	80,67	17,18	2,15
	1	9,44	5	32	Areia	92,01	7,24	0,75
	1,5	14,8	6	40	Areia Franca	79,20	19,20	1,60
12	0,5	8,93	5	19	Areia	93,90	5,75	0,35
	1	23,8	4	10	Areia	92,12	7,68	0,20
	1,5	39,6	10	48	Areia	89,76	8,99	1,25

Pontos de coleta com maior percentual de areia em destaque na coluna “% areia”.

De acordo com essa classificação textural, houve uma diferença significativa entre a riqueza de espécies germinadas nas bandejas com substrato franco arenoso e o substrato franco siltoso ($p=0,016$). O solo franco arenoso apresentou uma riqueza significativamente maior que o solo franco siltoso (Figura 7). Porém, quando analisada a relação entre o percentual de grãos de areia, silte e argila e a riqueza de espécies, não houve relação significativa ($p>0,05$).

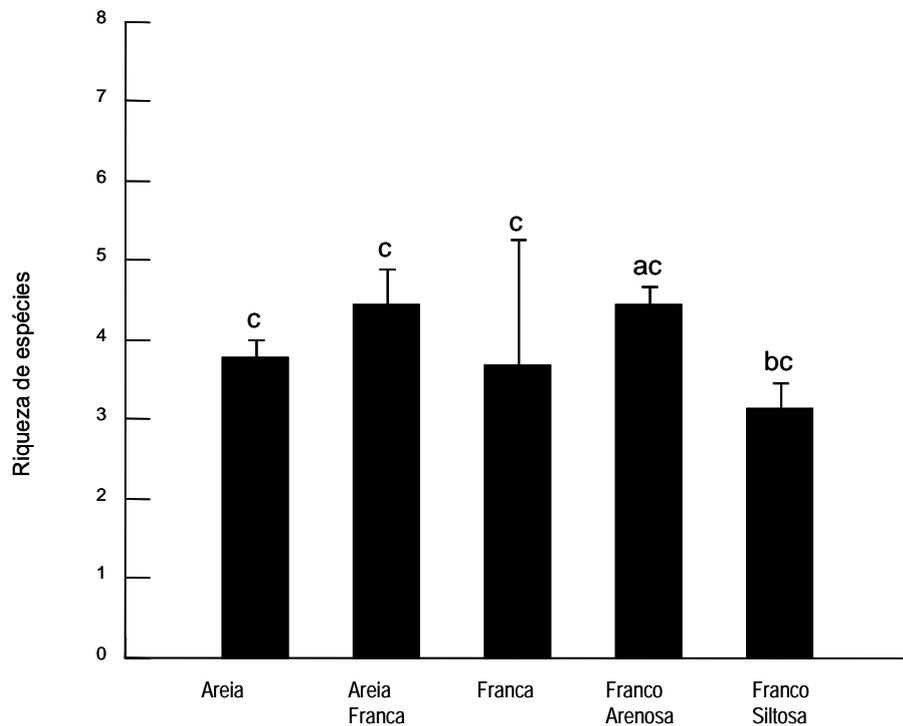


Figura 7 – Riqueza de espécies germinadas, na amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, em relação ao tipo de solo. (a) e (b) representam a diferença significativa entre os diferentes tipos de solo.

Não houve efeito da profundidade de coleta do solo e a riqueza de espécies germinadas ($p>0,05$). Quando analisada cada profundidade separadamente, também não houve diferença significativa entre a riqueza de espécies e a porcentagem de areia, silte ou argila ($p>0,05$).

Não houve relação entre a abundância de indivíduos germinados e o tipo de solo ou com o percentual de areia, silte e argila ($p>0,05$). Quando analisada cada profundidade separadamente, houve relação significativa a 1 m de profundidade entre a abundância de espécies e o percentual de areia, silte e argila ($p=0,016$; $p=0,014$; $p=0,03$, respectivamente).

A abundância aumentou proporcionalmente com o percentual de areia (Figura 8a) e inversamente com a percentagem de silte e argila (Figura 8b,c).

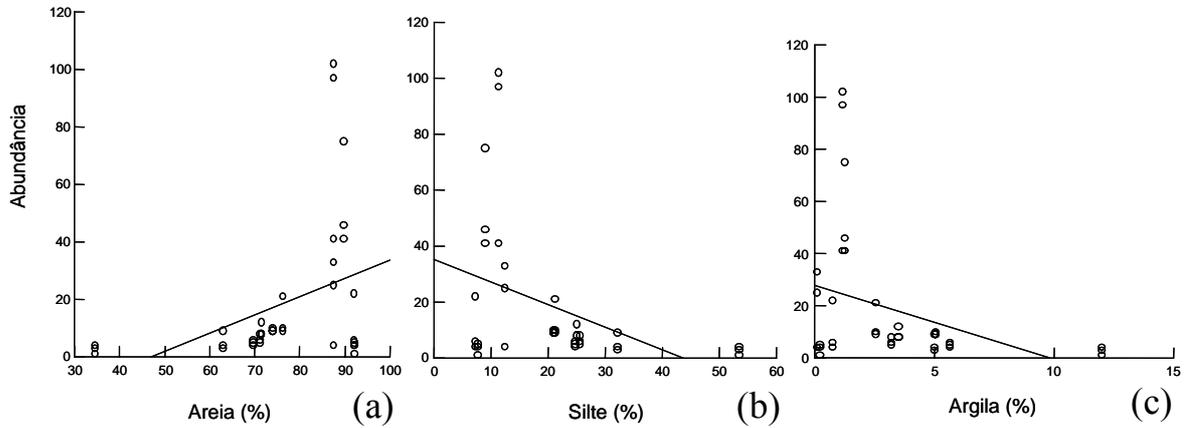


Figura 8 – Abundância de espécies na amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central em relação ao percentual de (a) areia, (b) silte e (c) argila.

Cerca de 1 a 400 indivíduos de cada espécie germinaram em cada amostra coletada, 0,07 m², com a espécie *Sphenoclea zeylanica* apresentando maior abundância por profundidade e por ponto de coleta (Tabela 3). A maioria das espécies germinou em diferentes profundidades e diferentes substratos. Apenas três espécies de Cyperaceae, *Cyperus ferax*, *Oxycaryum cubense* e sp. 23 ocorreram em substratos com maior percentual de grãos finos.

As famílias mais representativas foram Cyperaceae e Poaceae, com cerca de 170 indivíduos cada uma (Figura 9a). Porém, comparando a riqueza dessas famílias, Cyperaceae é representada por 11 espécies e Poaceae apenas com três espécies presentes no banco de sementes (Figura 9b).

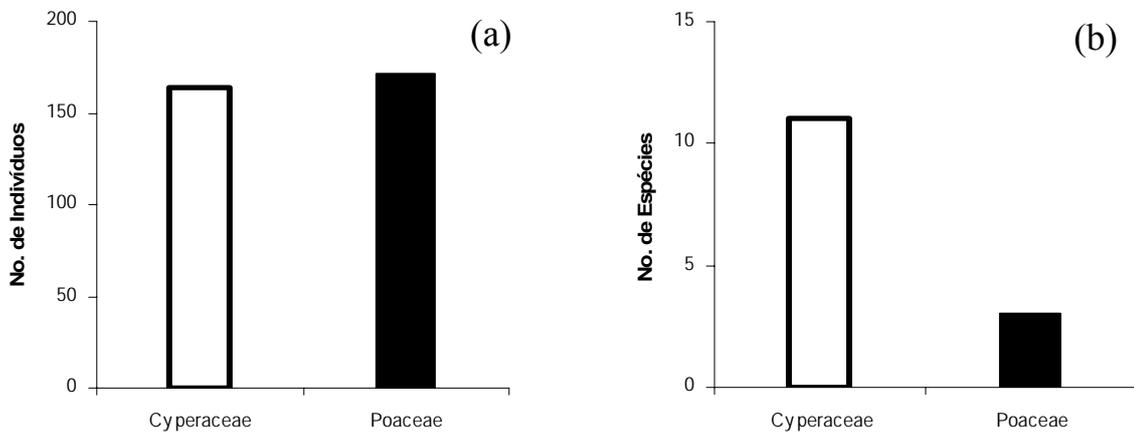


Figura 9 – (a) Abundância e (b) riqueza das famílias Cyperaceae e Poaceae na amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

A maior proporção de germinação ocorreu na terceira semana de observação, onde foi constatada emergência em torno de 50 % nas coletas a 0,5 m e 1 m, e 30 % em 1,5 m, com pequenas oscilações até a 14^a. semana, com percentual máximo de 13 %, depois diminuindo nas últimas semanas (Figura 10).

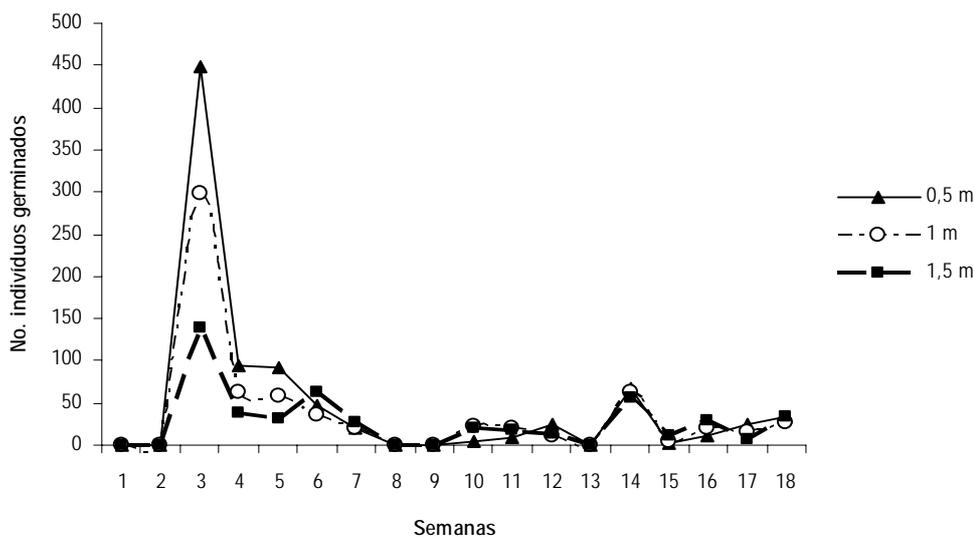


Figura 10 – Número de indivíduos germinados durante os 4 meses de experimento, nas profundidades 0,5 m, 1 m e 1,5 m da amostragem do banco de sementes da Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

A germinação acumulada permite visualizar a distribuição desse fenômeno ao longo do tempo, o que possibilita identificar o início e o fim desse processo para cada espécie nas diferentes profundidades de coleta (Tabela 4). Os resultados individuais dos percentuais específicos de germinação acumulada desde a primeira observação, com 18 dias até o fim do experimento, com 124 dias, encontram-se no anexo II (Figuras 11 a 19).

Tabela 4 – Germinação acumulada (%) durante os 4 meses de observação nas amostras de solo coletadas a 0,5 m, 1 m e 1,5 m na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central.

Prof. (m)	Semanas																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0,5	0	0	51	62	72	78	80	80	80	81	81	84	84	92	92	94	96	100
1	0	0	45	55	64	69	72	72	72	75	78	80	80	90	90	93	96	100
1,5	0	0	28	36	43	55	61	61	61	65	69	72	72	84	86	92	93	100

As 11 espécies da família Cyperaceae (Anexo II - Figura 11) começaram a germinar aproximadamente 1 mês após o início do experimento. Destas, sete alcançaram 100 % de germinação até 35 dias (Anexo II - Figura 11a.. ..11k). As espécies *Cyperus ferax*, *Cyperus* sp. 11, *Oxycaryum cubense*, sp. 23 e sp. 33 foram observadas apenas no tratamento 0,50 m, *Cyperus* sp. 14 a 1 m, e as espécies *Cyperus* sp. 20 e *Fimbristylis cf dichotoma* a 1,5 m de profundidade. As espécies *C. surinamensis*, *C. sp. 5* e *F. quinquangularis* foram observadas nas três profundidades estudadas. A espécie *C. ferax* (Anexo II - Figura 11a) com 1 indivíduo e sp. 33 (Anexo II - Figura 11b), com 2, alcançaram 100 % de germinação no período de 18 dias em 0,50 m. A espécie *Cyperus* sp.11 (Anexo II - Figura 11c) com 8 indivíduos germinou de 20 a 35 dias, e a espécie sp. 23 (Anexo II - Figura 11d) com 1 indivíduo germinou com 35 dias; ambas em 0,50 m. A espécie *Oxycaryum cubense* (Anexo II - Figura 11e) com 3 indivíduos germinou desde 33°. até o fim do experimento com 124 dias, no 0,50 m. A espécie *Cyperus* sp. 14 (Anexo II - Figura 11f), com apenas 2 indivíduos, germinou com 22 dias no tratamento de 1 m de profundidade. As espécies *Cyperus* sp. 20 (Anexo II - Figura 11g) e *Fimbristylis dichotoma* (Anexo II - Figura 11h) germinaram em 26 e 124 dias, respectivamente, ambas em 1,5 m, e com apenas 1 indivíduo. As espécies *Cyperus surinamensis* (Anexo II - Figura 11i) com 65 indivíduos e *Fimbristylis quinquangularis* (Anexo II - Figura 11j) com 66, germinaram desde o 18°. dia. A espécie *C. surinamensis*

apresentou 44, 10 e 11 indivíduos que germinaram até 114, 124 e 93 dias, respectivamente, em 0,5 m, 1 m e 1,5 m. E *F. quinquangularis* apresentou 39, 17 e 10 indivíduos que germinaram até 35, 78 e 93 dias, respectivamente, em 0,5 m, 1 m e 1,5 m. A espécie *Cyperus* sp. 5 (Anexo II - Figura 11k) apresentou 14 indivíduos; destes, 11 e 2 indivíduos germinaram em 0,5 m e 1,5 m, respectivamente, desde o 18°. até o 33°. dia, e um indivíduo germinou com 33 dias em 1 m.

A família Poaceae (Anexo II - Figuras 12a, 12b e 12c) está representada por 3 espécies. Apenas *E. polystachya* (Anexo II - Figura 12a) germinou antes do primeiro mês, com 18 dias no substrato coletado a 0,50 m de profundidade. Indivíduos de *Oryza* sp. (Anexo II - Figura 12b) chegaram a 100 % de germinação com 93 dias, sendo que 3 indivíduos começaram a germinar com 28 dias em 0,5 m; 3 com 18 dias em 1 m; e 4 indivíduos com 20 dias em 1,5 m. E a espécie *Steinchisma laxa* (Anexo II - Figura 12c) germinou durante todo o experimento, apresentando 66, 45 e 49 indivíduos em 0, 5 m, 1 m e 1,5 m, respectivamente.

A espécie *Sphenoclea zeylanica* (Sphenocleaceae) germinou durante todo o experimento em 0,5 m, 555 indivíduos germinaram até 93 dias, em 1 m e 1,5 m, 392 e 168 indivíduos, respectivamente, germinaram até 124 dias (Anexo II - Figura 13).

A espécie *Spigelia anthelmia* (Loganiaceae) começou a germinar com 18 dias, e somente chegou a 100 % de germinação no fim do experimento, com 12, 38 e 39 indivíduos, em 0,5 m, 1 m e 1,5 m, respectivamente (Anexo II - Figura 14).

A família Onagraceae (Anexo II - Figura 15a, b) germinou durante todo o experimento. A espécie *L. decurrens* chegou a 100 % de germinação em 0,5 m e 1,5 m, apenas no fim do experimento (Anexo II - Figura 15a), com 30 e 19 indivíduos, respectivamente; 25 indivíduos germinaram até 107° dia, no tratamento de 1 m de profundidade. A espécie *L. densiflora* (Anexo II - Figura 15b) apresentou 29, 18 e 7 indivíduos que germinaram até 124, 63 e 20 dias, respectivamente, em 0,5 m, 1 m e 1,5 m.

Uma espécie de briófitas germinou apenas em 1,5 m durante todo o experimento (Anexo II - Figura 16).

As espécies da família Scrophulariaceae (Anexo II - Figura 17a, b) não apresentaram germinação em 1 m. *Lindernia crustacea* foi a última espécie a germinar no banco de sementes, com 2 indivíduos em 107 dias em 0,5 m, e 3 indivíduos de 78 a 114 dias em 1,5 m (Anexo II - Figura 17a). E a espécie *Stemodia hyptoides* apresentou apenas um indivíduo que germinou com 26 dias (Anexo II - Figura 17b).

A espécie *Ceratopteris pteridoides* (Pteridaceae) apresentou apenas 1 indivíduo que germinou com 41 dias no substrato coletado a 1,5 m de profundidade (Anexo II - Figura 18).

Das nove espécies sem identificação (Anexo II - Figura 19a.. 19i), quatro germinaram em 1,5 m. As espécies msp 1 (Anexo II - Figura 19a) e msp 5 (Anexo II - Figura 19b) com 100 % de germinação em 37 dias, com 4 e 2 indivíduos, respectivamente; e as espécies msp 11 (Anexo II - Figura 19c) e msp 12 (Anexo II - Figura 19d), com apenas um indivíduo em 107 dias. As espécies msp 3 e msp 6 germinaram desde 1 primeira observação feita com 18 dias. Com 32, 63 e 53 indivíduos, msp 3 (Anexo II - Figura 19e) germinou até o fim do experimento, nos tratamentos 0,5 m, 1 m e 1,5 m, respectivamente; e msp 6 (Anexo II - Figura 19f) com 27 indivíduos até os 124 dias em 0,5 m e 1 m, e com 26 indivíduos em 1,5 m em 107 dias. A espécie msp 7 apresentou 8 indivíduos em 0,5 m de 71 a 124 dias; 11 indivíduos em 1 m de 43 a 124 dias; e 11 indivíduos em 1,5 m de 43 a 107 dias (Anexo II - Figura 19g). A espécie msp 8 apresentou 2 indivíduos em 0,5 m de 93 a 124 dias; 6 indivíduos em 1 m de 33 a 124 dias; e 2 indivíduos em 1,5 m de 71 a 93 dias (Anexo II - Figura 19h). A espécie msp 9 apresentou apenas 2 indivíduos em cada tratamento. No 0,5 m e 1 m germinaram em 93 dias; e em 1,5 m germinaram de 93 a 124 dias (Anexo II - Figura 19i).

4. Discussão

Devido ao seu alto grau de perturbação, as áreas alagáveis possuem um grande número de plantas ruderais com ciclos de vida curtos que produzem bancos de sementes resistentes à inundação no sedimento (Junk, 2005). Plantas aquáticas podem ter sementes com grande longevidade (Harper, 1977), e plantas terrestres, principalmente espécies herbáceas de ciclo de vida curto, com poucas adaptações à inundação, podem ocupar solos aluviais expostos recentemente durante curtos períodos de tempo (Junk & Welcomme, 1990).

Diferenças de regimes hídricos podem selecionar diferentes comunidades de plantas se o banco de sementes possuir potencial para o seu desenvolvimento (Casanova & Brock, 2000). Esse banco é, em parte, composto de sementes produzidas na área, e de sementes provenientes de outros lugares via dispersão (Harper, 1977). Na maioria das plantas aquáticas é mais comum a propagação vegetativa do que o mecanismo de propagação por sementes (Frankland *et al.*, 1987), e isso parece ter um importante papel na colonização ou restauração das áreas alagáveis (Crawford, 1992). Esse aspecto, contudo, depende do ciclo de crescimento da espécie. Assim, plantas como *Echinochloa polystachya*, cujo ciclo de vida é associado à fase aquática do ciclo hidrológico, têm a propagação vegetativa como mecanismo mais

freqüente (Junk, 1970). Já para *Paspalum fasciculatum*, que cresce principalmente na fase terrestre, as sementes são produzidas no período de águas altas, o que aumenta a amplitude de distribuição através da dispersão pela água (Conserva & Piedade, 2001). Entretanto, as duas plantas têm abundante produção de sementes e propagação vegetativa; esta última, certamente por conferir maior probabilidade de sobrevivência dos descendentes e rápida proliferação das espécies, quando em condições favoráveis (Grime, 1979).

A emergência de plântulas observada no presente estudo foi fortemente concentrada nas primeiras seis semanas das 18 acompanhadas, após o que apenas 30 % germinaram, indicando clara diminuição do processo. Ter Heerd *et al.* (1996), em um experimento sobre banco de sementes após remoção do solo com água e peneira para separação das sementes, usaram o método de emergência de plântulas, e observaram que a germinação ocorreu até no máximo seis semanas. Após esse tempo, foi necessário secar e revolver o solo para receber mais água e continuar o experimento por mais seis semanas. O método de separação de sementes pode ser mais prático se o volume da amostra é pequeno e as sementes são relativamente grandes (Fay & Olson, 1978; Ter Heerd *et al.*, 1996).

No banco de sementes da Ilha Nova, predominaram as famílias Sphenocleaceae (que possui apenas uma espécie, *Sphenoclea zeylanica*), Cyperaceae e Poaceae. A espécie *S. zeylanica* apresentou maior velocidade de germinação, o que permite inferir que essa espécie possui o lote de sementes mais vigorosas. A rápida germinação pode ser uma importante adaptação das espécies das áreas alagáveis para as condições ambientais, favorecendo o estabelecimento durante a curta fase terrestre (Piedade *et al.*, 2005a; Wittmann *et al.*, 2007), de forma que, quando ocorre nova alagação, as plântulas jovens já apresentam um tamanho suficiente para tolerá-la. O domínio de sementes de gramíneas, de espécies arbustivas e de herbáceas no banco de sementes de florestas tropicais reflete o importante papel dessas formas de vida na composição da vegetação nos primeiros estádios da sucessão (Young *et al.*, 1987).

Não houve germinação de espécies arbóreas no banco de sementes da Ilha. Visualmente tampouco foram observadas sementes pertencentes a essa categoria; assim, ou essas sementes não estavam realmente presentes ou, se presentes, não eram viáveis. A ausência de espécies arbóreas no banco de sementes pode estar relacionada com o fato dessas sementes, geralmente, não tolerarem grandes períodos de inundações, uma vez que a Ilha Nova fica totalmente submersa por longos períodos, e com solo encharcado a maior parte do ano. Além disso, as sementes de muitas das espécies pioneiras são produzidas em grande quantidade e facilmente transportadas pelo vento, aproveitando, assim, melhor o espaço acima

da superfície do solo, sem necessariamente manter um banco de sementes. De acordo com Oliveira (1998), estudando populações de *Salix martiana*, em função das condições instáveis, é necessária uma seca prolongada, ou inundações não muito intensas, para que ocorra o estabelecimento dessa espécie. Kubitzki & Ziburski (1994), demonstraram em experimentos de germinação de sementes de espécies de várzea, como *Vitex cymosa* e *Cecropia* sp., que a germinação ocorreu prontamente depois da exposição do solo.

O período de frutificação até o fim da inundação permite a colonização de *Vitex* e *Cecropia*, em áreas recém sedimentadas e, ao mesmo tempo, evita que os diásporos sejam enterrados no estrato mais profundo do sedimento onde não poderiam germinar (Kubitzki & Ziburski, 1994). Oliveira (1998) mencionou que a viabilidade de sementes de *S. martiana* é de no máximo 48 h após a dispersão. A espécie *Cecropia* sp. da várzea possui uma viabilidade transitória e germina tanto na luz quanto sob condições de pouca luminosidade (Kubitzki & Ziburski, 1994). As espécies arbóreas pioneiras que possuem sementes pequenas produzem-nas em grandes quantidades, o que permite a ocupação de mais microsítios disponíveis (Parolin, 2001).

A maioria das espécies encontradas no banco de sementes não foi encontrada no levantamento feito na superfície da ilha. Uma das razões pode estar relacionada ao fato de sementes de algumas espécies serem tolerantes à submersão em longo prazo, porém, suas plântulas não (Scarano *et al.*, 1997). Thompson & Grime (1979), estudando a variação sazonal de um banco de espécies herbáceas de diferentes habitats na região de Sheffield (Inglaterra), ao coletar 3 cm de solo em fragmentos de floresta dominada por espécies decíduas (Totley Wood), relacionaram a falta de correspondência entre a vegetação e as espécies germinadas com a pouca produção de sementes de algumas espécies, ou ainda com a sazonalidade dessa produção.

A família Cyperaceae apresentou abundância similar à de Poaceae, porém a riqueza de Cyperaceae foi maior no banco de sementes, enquanto gramíneas predominaram na superfície da ilha, apresentando intensa propagação vegetativa. A composição do banco de sementes depende da produção e composição da presente e futura comunidade de plantas, além da longevidade das sementes de cada espécie sob condições locais (Lima Júnior *et al.*, 2005). Muitas sementes recebem condições favoráveis para germinar próximo à superfície do solo (Harper, 1959), como provavelmente ocorreu com as gramíneas na área de estudo; outras devem precisar estar enterradas até chegarem às condições favoráveis de germinação, o que poderia explicar a predominância de Cyperaceae no banco de sementes. Cyperaceae também são importantes componentes da Zona de transição aquática/terrestre (ATZZ) (Junk *et al.*,

1989), faixa caracterizada por plantas de germinação rápida e ciclos de vida curtos. Dessa forma, é possível que algumas dessas Cyperaceae já tenham se estabelecido, estabilizado os sedimentos e auxiliado a recomposição dos ambientes (Matias *et al.*, 2003), tendo desaparecido após o estabelecimento das gramíneas. Dado que elas aparecem em porções bem profundas, é de se esperar que suas sementes tenham grande longevidade no banco de sementes de áreas alagáveis, provavelmente possuindo algum mecanismo de dormência inata que impede a germinação logo após a dispersão, aumentando sua viabilidade mesmo que elas forem enterradas por muito tempo (Thompson & Grime, 1979).

Houve uma grande variação no número de sementes germinadas em relação ao número de espécies. Apesar da diminuição do percentual de germinação conforme o aumento da profundidade, não houve relação significativa da profundidade com a riqueza de espécies, nem com a abundância. Vários autores, em diferentes ambientes, relacionaram a redução da densidade e da riqueza de espécies no banco de sementes com o aumento da profundidade do solo, sendo significativamente maior na camada mais superficial do que nas outras, como por exemplo, em florestas tropicais do Suriname (Holthuijzen & Boerboom, 1982), e Panamá (Darlling *et al.*, 1997), em áreas de capoeira (Lopes *et al.*, 2006) ou em pastagens (Milton, 1936, 1939; Luzuriaga *et al.*, 2005). Quanto maior a profundidade onde se encontram as sementes, menores serão os efeitos da temperatura, porém, menor será a taxa de germinação (Grime *et al.*, 1981; Thompson & Grime, 1983; Fenner, 1985). Contudo, quando analisada cada profundidade separadamente, a abundância foi significativamente maior a 1 m de profundidade no substrato com maior percentual de areia. A diminuição da abundância do banco de sementes nos solos argilosos pode indicar a preferência das herbáceas por solos arenosos, ou que as sementes são preferencialmente depositadas junto com a areia onde diminui a energia da água.

Whitmore (1983) afirma que a maioria das sementes de pioneiras capazes de germinar, em florestas tropicais, encontra-se nos primeiros 5 cm de profundidade do solo superficial. Segundo Sarukhán (1974), que analisou a dinâmica de banco de sementes de espécies selecionadas, mesmo espécies taxonomicamente relacionadas e explorando o mesmo habitat, apresentaram consideráveis diferenças quanto ao tamanho e a longevidade de sementes enterradas. No presente estudo a maioria das espécies encontradas no banco de sementes germinou ao longo de todo o experimento, nas três profundidades coletadas, principalmente em solos com maior percentual de areia.

No banco de sementes da área de estudo não foi possível a observação adequada dos diásporos. Na maioria dos casos, quando registrada a germinação, a plântula já estava

formada. Pela composição de espécies da Ilha, tanto da vegetação atual, quanto do banco de sementes, possivelmente os mecanismos de dispersão preponderantes para os diásporos dos primeiros estádios sucessionais em ambientes da várzea da Amazônia Central são anemocoria e hidrocoria. Segundo Cook (1997), em plantas aquáticas, geralmente a dispersão pelo vento é considerada uma desvantagem, já que os diásporos são provavelmente levados para ambientes terrestres e não aquáticos. Apesar disso, espécies como *Gynerium* sp. são dispersadas pelo vento (Cook, 1987). Uma alta proporção de frutos ou sementes de espécies arbóreas permanece flutuando na superfície da água até que haja a dispersão (Kubitzki, 2000), e cerca de 80 % de espécies colonizadoras de áreas inundáveis têm suas sementes dispersas pela água e pelo vento (Puhakka *et al.*, 1993).

Pela dificuldade de visualização dos diásporos em conjunto com a germinação espalhada no tempo, pode-se presumir que o banco de sementes da Ilha Nova seja formado de diásporos pequenos, o que, por sua vez, pode caracterizar seu banco de sementes como persistente. Talvez a variação de germinação se deva ao tipo de solo e a profundidade. Para Thompson & Grime (1979) é mais provável que os bancos persistentes sejam formados por diásporos pequenos e com o envoltório liso.

Observando a distribuição temporal da germinação, a maioria dos indivíduos apresentou o fenômeno espalhado no tempo. Esta situação caracteriza uma grande variação de germinação, ou seja, sob condições naturais, a germinação pode se estender de dias a meses, desde que os diásporos se mantenham viáveis no substrato em que se encontram (Borghetti & Ferreira, 2004). Ainda segundo esses autores, espécies que apresentam esse tipo de comportamento tendem a estabelecer bancos de sementes persistentes, comuns em ambientes que apresentam estresses. Em contraste, sementes com germinação rápida e uniforme, o que reflete uma variação de germinação pequena, em geral se estabelecem bancos de sementes transitórios, de curta duração. Estudos de Gorresio-Roizman (1993) no banco de sementes de trechos de florestas pluviais tropicais em São Paulo indicaram no banco de sementes transitório predomínio de sementes grandes, com curta longevidade, altas taxas de recrutamento de plântulas e elevada taxa de mortalidade, enquanto o banco persistente era composto predominantemente por sementes de espécies arbóreas (Almeida-Cortez, 2004).

Kalliola *et al.* (1991) e Puhakka *et al.* (1993) consideram insignificante a contribuição de um banco de sementes na colonização de uma nova praia porque os sítios são novas formações deposicionais. Em conseqüência, a colonização depende da chegada de propágulos disponíveis quando a água retrocede. Contudo, outros fatores são relevantes para a velocidade dos processos sucessionais. Por exemplo, em praias arenosas, a sucessão é lenta devido às

condições ambientais desfavoráveis, ou seja, altas temperaturas na superfície exposta, falta de nutrientes, e rápida percolação da água. Sedimentos de grãos mais finos permitem uma rápida colonização por plantas herbáceas (Piedade & Junk, 2000).

Durante o tempo do experimento e na época de maior precipitação, nos meses de janeiro a março, foi necessária a drenagem do excesso de água das bandejas. No período menos chuvoso, foi mantida uma lâmina de água para evitar o ressecamento do solo. Para Anderson (1972a) o enterro das sementes pelo lodo e sua remoção pelo movimento da água são fatores que precisam ser considerados na tentativa de explicação da não germinação de todas as sementes potencialmente viáveis. Anderson (1972b), trabalhando com gramíneas de áreas inundadas, também concluiu que quanto mais longo o período de inundação, maiores seriam os danos às plantas. Segundo Rumpho & Kennedy (1981), o prolongamento do período anaeróbico natural por embebição pode resultar em morte das sementes. Porém, essa condição de anaerobismo total que pode ser prejudicial para algumas espécies, para outras pode ser um mecanismo de manter sementes viáveis, por tempos variáveis, como por exemplo, evitando a rápida decomposição.

Algumas bandejas com grande percentual de germinação e grupamentos monoespecíficos de plântulas, ao fim do experimento, tiveram muitos indivíduos desaparecidos ou mortos. Por serem plantas herbáceas que acompanham o ciclo hidrológico e terem ciclos de vida curtos, essas plantas podem ter alcançado seu limite de germinação e permanência no substrato, ou, talvez a competição intraespecífica entre as plantas pode ter interferido na sobrevivência de indivíduos menos hábeis da população (Haddad *et al.*, 2000).

Grandes áreas da Amazônia são anualmente inundadas (Goulding, 1988). Segundo Junk (1986), a taxa de sedimentação nos rios ou nos canais de rios pode chegar a 1 m/ano. Considerando a idade da Ilha Nova como tendo aproximadamente 15 anos de estabelecimento (1994 a 2008 – análise de imagens Landsat), e uma altura máxima de 8 m acima da lâmina de água (17,81 metros sobre o nível do mar – no dia 31 de outubro de 2007), com uma taxa de deposição linear, pode-se postular uma sedimentação de aproximadamente 0,5 m/ano. Tomando como base essa taxa de sedimentação, embora não seja possível afirmar a idade ou o tempo que em as sementes ficaram enterradas no substrato, as sementes presentes nas profundidades de 0,5 m, 1 m e 1,5 m, poderiam estar enterradas há 1, 2 e 3 anos, respectivamente. Desta forma, se for considerada a definição de Thompson & Grime (1979), de que um banco de sementes onde alguns propágulos possuem mais de 1 ano de idade, indica a composição de um banco de sementes persistente, na Ilha Nova e, por consequência, em outras áreas de colonização de várzea, o banco de sementes pode ser assim categorizado.

5. Conclusões

Existe um banco de sementes viáveis no solo, em estratos de 0,5 a 1,5 m de profundidade, com grande número de plântulas desenvolvidas a partir dele, especialmente nos primeiros 18 dias após a exposição dos sedimentos.

O banco de sementes foi composto exclusivamente por espécies herbáceas que germinaram até a 16ª semana de acompanhamento.

Quanto maior a profundidade menor germinação.

A germinação foi maior no substrato com maior percentual de areia.

A maior riqueza encontrada no banco de sementes foi de Cyperaceae seguida de Poaceae, enquanto que na vegetação da Ilha Nova ocorre o inverso.

Considerando todas as espécies germinadas a partir do banco de sementes, estas são diferentes da vegetação estabelecida na Ilha Nova. Ao contrário do esperado, a similaridade florística entre o banco de sementes e a vegetação da Ilha Nova é extremamente baixa (cerca de 10%).

Devido às altas taxas de sedimentação, e considerando a idade da Ilha Nova, o banco de sementes pode ser denominado persistente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A natureza híbrida/anfíbia entre os ecossistemas aquáticos e terrestres das áreas alagáveis resulta em uma grande variedade de habitats em um gradiente que varia desde aquático até terrestre. Essas são áreas de alta diversidade biológica e sua vegetação favorece a deposição de sedimentos suspensos na água. Na maioria dos lagos de várzea, os sedimentos são estratificados e depositados na forma de pequenos sulcos. A sedimentação é mais alta e a textura do substrato é mais grossa perto dos canais dos rios, enquanto a sedimentação é menor e a textura do substrato é mais fina longe dos rios, onde a água perdeu sua turbulência.

Os movimentos da água, erosão e deposição de sedimentos, influenciam fortemente a estrutura das comunidades de plantas, pois afetam a estabilidade do habitat (Salo *et al.*, 1986). O conhecimento da densidade e da composição florística do banco de sementes nas áreas alagáveis é primordial para identificar a riqueza das espécies e sua regeneração no bioma, durante a sedimentação. Os pulsos das cheias podem também condicionar os ciclos de produção de frutos da vegetação.

Espécies colonizadoras podem apresentar duas estratégias para ocupar rapidamente locais abertos: (1) sementes pequenas, típicas de diversas espécies de herbáceas, que permanecem dormentes no solo até que um evento imprevisível promova a germinação; (2) sementes grandes que geminam e permanecem como plantas jovens no sub-bosque, prontas para continuarem a crescer tão logo haja abertura de uma clareira (Almeida-Cortez, 2004).

A área de estudo é uma ilha recém sedimentada que fica submersa durante a maior parte do ano, com baixa riqueza de espécies no estrato arbóreo. A comunidade vegetal é composta predominantemente de herbáceas como as gramíneas *Echinochloa polystachya* e *Paspalum fasciculatum*, e espécies do estrato arbóreo como *Salix martiana* e *Cecropia* sp.. Também foram registrados alguns indivíduos do estágio secundário tardio, como *Pseudobombax munguba* e *Crataeva benthamii*, porém, nenhum representante do estágio sucessional clímax. A abundância e o índice de valor de importância indicam os primeiros estádios de sucessão na Ilha, com predominância de espécies pioneiras. A baixa representatividade florística das espécies secundárias tardias em relação às pioneiras, incluindo a alta densidade apresentada pelo grupo das herbáceas, indica que a Ilha Nova se encontra em estágio de sucessão inicial.

A deposição de sedimentos prepara novos habitats para sucessão primária (Kalliola *et al.*, 1987; Junk & Piedade, 1997). Planícies arenosas ou argilosas surgem no leito dos rios durante a seca. Suas laterais podem ter declives profundos ou discretos. Na cheia, essas

planícies ficam submersas e podem mudar rapidamente devido à deposição de novos sedimentos ou erosão pela forte correnteza. As taxas de sedimentação são geralmente de 1-5 mm por ano, podendo chegar à deposição de 50-100 cm por ano próximo aos canais de rios (Irion *et al.*, 1997).

O processo de sucessão nas áreas alagáveis está relacionado ao tempo em que o ambiente fica submerso. Em geral os sedimentos ficam pouco tempo expostos e aptos para receber as sementes dispersadas. Diante disso, é muito importante a manutenção de um banco de sementes que possam germinar na seca. As sementes de diferentes tamanhos são adequadas a diferentes estratégias de germinação e diferentes condições de estabelecimento (Foster & Janson, 1985).

O banco de sementes apresentou sementes viáveis no solo, com predominância de herbáceas de diásporos pequenos, o que sugere a existência de um banco de sementes persistente. Os diásporos possivelmente são dispersos pelo vento e pela água, da mesma forma que foi observado por Kalliola *et al.* (1991), em 81% das espécies colonizadoras das várzeas da Amazônia peruana. Além disso, muitas herbáceas e algumas espécies arbóreas também se propagam vegetativamente, e podem rebrotar de pedaços de ramos, algumas vezes ocupando rapidamente uma área a partir de poucas plântulas. A incorporação de novas sementes ao banco possivelmente varia amplamente ao longo do ano e entre anos, e a sucessão é provavelmente regulada por esses padrões sazonais de ingresso de sementes (Young, *et al.*, 1987) e da dinâmica hidrológica e sedimentar dos ambientes de várzea.

O substrato da Ilha Nova apresenta maior percentual de areia, o que favorece a germinação de espécies tolerantes a condições mais adversas, como altas taxas de sedimentação, incidência de luz direta, etc. A vegetação encontrada na superfície da ilha é diferente da composição do substrato em profundidade, provavelmente devido à falta de condições favoráveis de germinação. Do total de 96 espécies registradas na Ilha, apenas 6 % foram encontradas no estudo do banco de sementes do solo. Isto mostra que o banco de sementes do solo não pode prever a vegetação local, visto que ele é composto por sementes que germinam dentro de um ano ou por sementes que permanecem no solo mais que um ano. Contudo, as espécies das sementes enterradas, permanecem à espera de condições favoráveis para germinar na superfície, e auxiliam na estabilização do sistema para composição da vegetação futura dos estádios de sucessão.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida-Cortez, J.S. 2004. Dispersão e banco de sementes. *In*: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, p. 225-235.
- Anderson, E.R. 1972b. Emergence of buffel grass (*Cenchrus ciliaries*) from seed after flooding. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 29: 167-172.
- Anderson, E.R. 1972a. Flooding tolerance of *Panicum coloratum*. *Queensland Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 29: 173-179.
- Andrade, T.M.; Assis, R.L.; Wittmann, F.; Schöngart, J. & Piedade, M.T.F. 2008. Padrões de regeneração em clareiras de origem antrópica na várzea da RDS Mamirauá, Amazônia Central. *Uakari*, 4(2): 19-32.
- APG II. 2003. An update of the Angiosperm Group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 141: 399-436.
- ap Rees, T.; Jenkin, L.E.T.; Smith, A.M. & Wilson, P.M. 1987. The metabolism of food-tolerant plants. *In*: R.M.M. Crawford (Ed.). *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Blackwell Scientific Publications, Oxford London Edinburgh, p. 227 -238.
- Armstrong, W. 1978. Root aeration in the wetland condition. *In*: Hook, D.D. & Crawford, R.M.. (Eds.). *Plant life in Anaerobic Environments*, p. 269-297. Ann Arbor Science, Ann Arbor.
- Armstrong, W. 1979. Aeration in higher plants. *Advances in Botanical Research*, 7: 225-332.
- Ashton, P.S. 1964. Ecological studies in the mixed dipterocarp forest of Brunei State. *Oxford For. Mem.*, 25: 1-110.
- Ayres, J.M.C. 1993. As matas de várzea do Mamirauá. MCT-CNPq-Programa do trópico úmido, Sociedade civil de Mamirauá, Brasil, 123 p.
- Baskin, C.C. & Baskin, J.M. 1998. *Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. Harcourt Brace & Company, Publishers. 666p.
- Bazzaz, F.A. & Pickett, S.T.A. 1980. Physiological ecology of tropical succession a comparative review. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 11: 287-310.
- Bewley, J.D. & Black, M. 1982. *Physiology and Biochemistry of Seeds*. Vol. 2. Viability, Dormancy and Environmental Control. Springer-Verlag, Berlin.

- Borghetti, F. & Ferreira, A. G. 2004. Interpretação de resultados de Germinação, cap 13. In: Alfredo Gui Ferreira & Fabian Borghetti (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed, p. 209-222.
- Brokaw, N.V.L. 1987. Gap-phase regeneration of three pioneer tree species in a tropical forest. *Journal of Ecology*, 75: 9-19.
- Budowski, G. 1961. *Studies on forest succession in Costa Rica and Panama*. Ph.D. Thesis, Yale Univ. School of Forestry, New Haven, Connecticut. 189p.
- Camargo, A.F.M. & Florentino, E.R. 2000. Population dynamic and net primary production of aquatic macrophyte *Nymphaea rudgeana* C. F. Mey in a lotic environment of the Itanhaém river basin (SP, Brazil). *Rev. Brasil. Biol.*, 60(1): 83-92.
- Casanova, M.T. & Brock, M.A. 2000. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? *Plant Ecology*, 147: 237-250.
- Christoffoleti, P.J. & Caetano, R.S.X. 1998. Soil Seed Banks. *Sci. agric.*, 55: 74-78.
- Clark, D.A. & Clark, D.B. 1992. Life history diversity of canopy and emergent trees in a neotropical rain forest. *Ecol. Monogr.*, 62: 315-344.
- Clements, F.E. (1916). *Plant succession: Analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institute of Washington Publication, N° 242. Washington, DC.
- Cohen, D. 1966. Optimizing reproduction in a randomly varying environment. *J. Theoret. Biol.*, 12: 119-129.
- Conserva, A.S. 1998. *Biomassa, ciclo e composição química de duas populações de Paspalum fasciculatum Willd. ex. Fluegge (Poaceae) em diferentes habitats de várzea da Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. 90p.
- Conserva, A.S. 2006. *Germinação de sementes, emergência e recrutamento de plântulas de dez espécies arbóreas das várzeas das reservas de desenvolvimento sustentável Amaná e Mamirauá, Amazônia Central*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 148p.
- Conserva, A.S. & Piedade, M.T.F. 1998. Influence of flood-pulse and land-use on the composition of herbaceous species on a floodplain in Central Amazonia. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, Stuttgart, 26: 994-995.
- Conserva, A.S. & Piedade, M.T.F. 2001. Ciclo de vida e ecologia de *Paspalum fasciculatum* Willd. ex. Fluegge (Poaceae), na várzea da Amazônia Central. *Acta Amazonica*, 31(2): 205-220.

- Cook, C.D.K. 1987. Dispersion in aquatic and amphibious vascular plants. *In*: Crawford, R.M.M. (Ed.). *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Blackwell Scientific Publications, p. 179-190.
- Coombs, J. & Hall, D.O. 1989. *Técnicas de Bioprodutividade e Fotossíntese*. Fortaleza, Edições UFC. 290p.
- Crawford, R.M.M. 1982. Physiological responses to flooding. *In*: Large, O.L.; Nobel, P.S.; Osmond, C.B. & Ziegler, H. (Eds.). *Physiological Plant Ecology 2, Encyclopaedia of Plant Physiology N. S.*, 12B: 453-477. Springer-Verlag, Berlin.
- Crawford, R.M.M. 1992. Oxygen availability as an ecological limit to plant distribution. *Advances in Ecological Research*, 23: 93-185.
- Crawford, R.M.M.; Monk, L.S. & Zochowski, Z.M. 1987. Enhancement of anoxia tolerance by removal of volatile products of anaerobiosis. *In*: Crawford, R.M.M. (Ed.). *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Blackwell Scientific Publications, Oxford London Edinburgh, p. 375 -384.
- Curtis, J.T. & McIntosh, R.P., 1951. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. *Ecology*, 32 (3): 476–496.
- Darling, J.W.; Swaine, M.D. & Garwood, N.C. 1997. Soil seed bank community dynamics in seasonally moist lowland tropical forest, Panama. *Journal of Tropical Ecology*, 13: 659-680.
- Ellenberg, H. 1988. *Vegetation ecology of central Europe*. University Press, Cambridge.
- Embrapa, 1997. Centro Nacional de Pesquisa de Solo. *Manual de método e análise de solo*. 2ed. Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA-CNPS. 212p.
- Fairbridge, R.W. 1961. Eustatic changes in sea level. *Physics and Chemistry of the Earth*, 4: 99-185.
- Fay, P.K. & Olson, W.A. 1978. Technique for separating weed seeds from soil. *Weed Science*, 26, 530-533.
- Fenner, M. 1985. *Seed Ecology*. Chapman & Hall, London.
- Fernández-Quintanilla, C.; Saavedra, M.S. & Garcia Torre, L. 1991. Ecología de las malas hierbas. *In*: Garcia Torre, L. & Fernandez- Quintanilla, C. (Eds.) *Fundamentos sobre malas hierbas y herbicidas*. Mundi-Prensa. Madrid, p. 49-69.
- Foster, S.A. & Janson, C.H., 1985. The relationship between seed size and establishment conditions in tropical woody plants. *Ecology*, 66: 773–780.

- Frankland, B.; Bartley, M.R. & Spence, D.H.N. 1987. Germination under water. *In*: Crawford, R. M. M. (Ed.). *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Blackwell scientific publications, p. 167-177.
- Furch, K. 1984. Seasonal variation of the major cation content of the várzea-lake Lago Camaleão, middle Amazon, Brazil, in 1981 and 1982. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 22: 1288-1293.
- Furch, K. 1997. Chemistry of várzea and igapó soils and nutrient inventory of their floodplain forests. *In*: Junk, W.J. (Ed). *The Central Amazon Floodplains*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 126: 47-67.
- Furch, K. & Junk, W.J. 1992. Nutrient dynamics of submersed decomposing Amazonian herbaceous plant species *Paspalum fasciculatum* and *Echinochloa polystachya*. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 25(2): 75-85.
- Garwood, N.C. 1989. Tropical soil seed banks: a review. *In*: Leck, M.A.; Parker, V.T.; Simpson, R.L. (Eds.). *Ecology of soil seed banks*. San Diego, Academic Press, p. 149-209.
- Garwood, N.C. 1996. Functional morphology of tropical tree seedlings. *In*: Swaine, M.D. (ed.). *Man and the biosphere series: The tropical ecology of tropical forest tree seedlings*, Cap. 3, 17: 59-130. UNESCO/Parthenon, Paris/Carnforth.
- Gentry, A.H. 1988. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 85: 156-159.
- Gorresio-Roizman, L. 1993. Fitossociologia e dinâmica do banco de sementes de populações arbóreas de floresta secundária em São Paulo. Dissertação (M.S.) – Universidade de São Paulo. 148p.
- Gotelli, N.J. 2007. *Ecologia*. 3.ed. Londrina: Editora Planta.
- 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*. California Univ. Press, Berkeley, CA, USA. 280p.
- Goulding, M. 1983. The role of fishes in seed dispersal and plant distribution in Amazonian floodplain ecosystems. *Sonderbd. Naturwiss. Ver. Hamburg*, 7: 271-283.
- Goulding, M. 1988. Ecology and management of migratory food fishes of the Amazon Basin. *In*: Almeida, F.A. & Pringle, C.M. (eds.). *Tropical Rainforest: Diversity and Conservation*, p. 71-85 (San Francisco: California Academy of Sciences).
- Grime, J.P. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. Wiley, Chichester.

- Grime, J.P.; Mason, G.; Curtis, A.V.; Rodman, J.; Band, S.R.; Mowforth, M.A.G.; Neal, A.M. & Shaw, S. 1981. A comparative study of germination characteristics in a local flora. *Journal of Ecology*, 69: 1017-1059.
- Griz, L.M.S.; Machado, I.C.; Tabarelli, M. 2002. Ecologia de dispersão de sementes: progressos e perspectivas, *In*: Tabarelli, M. & Silva, J.M.C. (Eds.). *Diagnóstico da biodiversidade de Pernambuco*. Recife: Massangana, 2: 597-608.
- Haddad, C.M.; Platzeck, C.O.; Tamassia, L.F.M. & Castro, F.G.F. 2000. Estabelecimento do capim Setária cv. Kazungula em condições de inundação. *Scientia Agricola*, 57(2): 205-212.
- Harcombe, P.A. 1977. The influence of fertilization on some aspects of succession in a humid tropical forest. *Ecology*, 58: 1375-1383.
- Harper, J.L. 1959. The ecological significance of dormancy and its importance in weed control. Proceedings IVth International Congress of Crop Protection, Hamburg, 415-420.
- Harper, J.L. 1977. Population Biology of Plants. New York. Academic Press. 892p.
- Holthuijzen, A.M.A. & Boerboom, J.H.A. 1982. The *Cecropia* seed bank in the Surinam lowland rain forest. *Biotropica*, 14: 62-68.
- Howard-Williams, C. & Junk, W.J. 1977. The chemical composition of Central Amazonian aquatic macrophytes with special reference to their role in the ecosystem. *Arch. Hydrobiol.*, Stuttgart, 79(4): 446-464.
- Hubbell, S. 1979. Tree dispersion, abundance and diversity in a tropical dry forest. *Science*, 203: 1299-1309.
- Hubbell, S.P. & Foster, R.B. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation. *In*: Soulé, M.E. (ed.) *Conservation biology: the science of scarcity and diversity*, p. 205-231. Sinauer Associates, Sunderland, MA, US.
- Huber, J. 1910: Mattas e madeiras amazonicas. *Boletim Museu Goeldi*, 6: 91-225.
- IBAMA 2000. *Projeto de manejo dos recursos naturais das várzeas*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Manaus. 64 p.
- Irion, G.; Adis, J.; Junk, W.L. & Wunderlich, F. 1983. Sedimentological studies of the “Ilha da Marchantaria” in the Solimões/Amazon River near Manaus. *Amazoniana*, 8(1): 1-18.
- Irion, G.; Junk, W.J. & Mello, J.A.S.N. 1997. The large central Amazonian river floodplains near Manaus: Geological, climatological, hydrological and geomorphological aspects. *In*: Junk, W.J. (ed.). *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System*. Ecological Studies, 126: 23-46. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Irion, G.; Müller, J.; Mello, J.N. & Junk, W.J. 1994. Quaternary geology of the central Amazonian lowland area. *Rev. IG. São Paulo*, 15(1/2): 27-33.
- Irion, G.; Müller, J.; Mello, J.N. & Junk, W.J. 1995. Quaternary geology of the Amazonian lowland. *Geo-Marine Letters*, Springer-Verlag, 15: 172-178.
- Junk, W.J. 1970. Investigations on the Ecology and Production-Biology of the "Floating Meadows" (*Paspalo-Echinochloetum*) on the Middle Amazon. Part I: The floating vegetation and its ecology. *Amazoniana*, 2(4): 449-495.
- Junk, W.J. 1980. Áreas inundáveis – Um desafio para Limnologia. *Acta Amazonica*, 10: 775-795.
- Junk, W.J. 1983. As água da Região Amazônica. In: Salati, E.; Junk, J.W.; Schubart, H.O.R. & Oliveira, A.E. (Eds.). *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. Editora Brasiliense, SP, p. 14-44.
- Junk, W.J. 1984. Ecology of the várzea, floodplain of Amazonian white – water rivers. In: Sioli, H. (Ed.). *The Amazon. Limnology and landscape ecology of a mighty tropical river and its basin*. Junk Publ., p. 215-243.
- Junk, W.J. 1986. Aquatic plants of the Amazon system. In: Davies, B.R.; Walker, K.F. (Eds.) *The ecology of river systems*. Junk Publ., Dordrecht, The Netherlands, p. 319-337.
- Junk, W.J. 1989a. Flood tolerance and tree distribution in central Amazonian floodplains. In: Holm-Nielsen, L.B.; Nielsen, I.C. & Balslev, H. (Eds.). *Tropical forest: botanical dynamics, speciation and diversity*. Academic Press, New York, p. 47-64.
- Junk, W.J. 1989b. The use of Amazonian floodplains under an ecological perspective. *Interciencia*, 14(6): 317-322.
- Junk, W.J. 1993. Wetlands of Northern South America. In: Whigham, D.; Hejny, S. & Dykyjove, D. (Eds.). *Wetlands of the world*. Kluwer Academic Publishers, p. 679-739.
- Junk, W.J. 1996. Ecology of floodplains – a challenge for tropical limnology. *Perspectives in Tropical Limnology*. Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands, p. 255-265.
- Junk, W.J. 1997. General aspects of floodplain ecology with special reference to Amazonian floodplains. In: Junk, W.J. (Ed.). *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsating System*. Ecological Studies, 126: 3-22. Springer Verlag, Heidelberg, Germany.
- Junk, W.J. 1998. A várzea do Rio Solimões-Amazonas: Conceitos para o aproveitamento sustentável e seus recursos. *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros. Águas de Lindóia*, p. 1-24.
- Junk, W.J. 1999. The flood pulse concept of large rivers: learning from the tropics. *Large Rivers*, vol. 11. n°3. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 115/3: 261-280.

- Junk, W.J. 2000. Mechanisms for development and maintenance of biodiversity in neotropical floodplains. *In: Gopal, B.; Junk, W.J. & Davis, J.A. (Eds.). Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*, vol. 1, Backhuys Publishers, Leiden, p. 119-139.
- Junk, W.J. 2005. Flood pulsing and the linkages between terrestrial, aquatic, and wetland systems. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 29, 11-38.
- Junk, W.J.; Bayley, P.B. & Sparks, R.E. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. *In: Dodge, D.P. (Ed.). Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci., 106: 110-127.
- Junk, W.J. & Howard-Williams, C. 1984. Ecology of aquatic macrophytes in Amazonia. *In: Sioli, H. (Ed.). The Amazon: limnology of a mighty tropical river and its basin*. Junk Publ., Dordrecht, p. 269-293.
- Junk, W.J.; Ohly, J.J.; Piedade, M.T.F. & Soares, M.G.M. 2000. *The Central Amazon floodplain: Actual use and options for a sustainable management*. Backhuys Publishers b. V., Leiden. 590p.
- Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 1993a. Biomass and primary-production of herbaceous plant communities in the Amazon floodplain. *Hydrobiologia* 263: 155-162.
- Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 1993b. Herbaceous plants of the Amazon floodplain near Manaus: Species diversity and adaptations to the flood pulse. *Amazoniana*, XII(3/4): 467-484.
- Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 1994. Species diversity and distribution of herbaceous plants in the floodplain of the middle Amazon. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25: 1862-1865.
- Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 1997. Plant life in the floodplain with special reference to herbaceous plants. *In: Junk, W.J. (ed.). The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsating System*. Ecological Studies, 126: 147-186. Springer Verlag, Heidelberg, Germany.
- Junk, W.J. & Piedade, M.T.F. 2004. Status of knowledge, ongoing research, and research needs in Amazonian wetlands. *Wetlands Ecology and Management*, 12: 597-609.
- Junk, W.J. & Weber, G.E. 1996. Amazonian floodplains: a limnological perspective *Verh. Internat. Verein. Limnol.* Stuttgart, 26: 149-157.
- Junk, W.J. & Welcomme, R.L. 1990. Floodplains. Cap. 21. *In: Patten, B. C. Wetlands and shallow continental water bodies*. SPB Academic Publishing, The Netherlands, 1: 491-524.

- Kalliola, R.; Salo, J. & Mäkinen, Y. 1987. *Regeneración natural de selvas en la Amazonia Peruana I: Dinámica fluvial y sucesión ribereña*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 102p.
- Kalliola, R.; Salo, J.; Puhakka, M. & Rajasilta, M. 1991. New site formation and colonizing vegetation in primary succession on the Western Amazon floodplains. *The Journal of Ecology*, 79(4): 877-901.
- Klein, A.S.; Citadini-Zanette, V. & Santos, R. 2007. Florística e estrutura comunitária de restinga herbácea no município de Araranguá, Santa Catarina. *Revista Biotemas*, 20 (3):15-26.
- Klinge, H.; Adis, J. & Worbes, M. 1995. The vegetation of a seasonal várzea forest in the lower Solimões river, Brazilian Amazonia. *Acta Amazonica*, 25(3/4): 201-220.
- Klinge, H.; Furch, K.; Harms, E. & Revilla, J. 1983. Foliar nutrient levels of native tree species from Central Amazonia. I. Inundation forests. *Amazoniana*, 8: 19-46.
- Klinge, H.; Furch, K. & Harms, E. 1984. Selected bioelements in bark and wood of native tree species from Central-Amazonian inundation forests. *Amazoniana*, 9: 29-47.
- Klinge, H.; Junk, W.J. & Revilla, C.J. 1990. Status and distribution of forested wetlands in tropical South America. *Forest Ecology and Management*, 33/34: 81-101.
- Komarova, T.A. 1985. Role of forest fires in germination of seeds dormant in the soil. *Soviet J. Ecol.*, 16: 311-315.
- Kubitzki, K. 2000. The dispersal of forest plants. In: Prance, G.T. & Lovejoy, T.E. (eds.). *Key Environments Amazonia*, p. 192-206.
- Kubitzki, K. & Ziburski, A. 1994. Seed dispersal in floodplain Forest of Amazonia. *Biotropica*, 26(1): 30-43.
- Lamprecht, H. 1986. *Silvicultura en los trópicos*. Gottingen: Instituto de Silvicultura de la Universidad de Gottingen. 335p.
- Laurance, W.F., Nascimento, H.E.M., Laurance, S.G., Condit, R., D'Angelo, S. & Andrade, A. 2004. Inferred longevity of Amazonian rainforest trees based on a long-term demographic study. *For. Ecol. Manage.*, 190: 131-143.
- Lieberman, D.; Lieberman, M.; Hartshorn, G. & Peralta, R. 1985. Growth rates and age-size relationships of tropical wet forest trees in Costa Rica. *J. Trop. Ecol.*, 1: 97-109.
- Lima Júnior, G.A.; Ferreira da Silva, M. & Nunes da Cunha, C. 2005. *Similaridade Florística entre Banco de Sementes de Solo de Campo e Brejo do Pantanal de Poconé, MT*. In: VII Congresso de Ecologia do Brasil. Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil. Caxambú. ISBN: Português, Meio digital. <http://www.viaceb.com.br/cd/index2.html>.

- Lopes, K.P.; Souza, V.C.; Andrade, L.A.; Dornelas, G.V. & Bruno, R. L.A. 2006. Estudo do banco de sementes em povoamentos florestais puros e em uma capoeira de Floresta Ombrófila Aberta, no município de Areia, PB, Brasil. *Acta bot. bras.*, 20(1): 105-113.
- Luzuriaga, A.L.; Escudero, A.; Olano, J.M. & Loidi, J. 2005. Regenerative role of seed banks following an intense soil disturbance. *Acta Oecologica*, 27: 57–66.
- Margalef, R. 1963. On certain unifying principles in ecology. *Am. Nat.*, 97: 357-374.
- Marinho, T.A.S. 2008. *Distribuição e estrutura da população de quatro espécies madeireiras em uma floresta sazonalmente alagável na reserva de desenvolvimento sustentável Mamirauá, Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado. 85p.
- Matias, L.Q.; Amado, E.R. & Nunes, E.P. 2003. Macrófitas aquáticas da lagoa de Jijoca de Jericoacoara, Ceará, Brasil. *Acta bot. bras.*, 17(4): 623-631.
- Malavasi, M.M. 1988. Germinação de sementes. In: Rodrigues, F.C.M.P. (Coord.). *Manual de análise de sementes florestais*. Campinas, SP, Brasil, Fundação Cargill, p. 25-40.
- Melo, F.P.L.; Neto, A.V.A.; Simabukuro, E.A. & Tabarelli, M. 2004. Recrutamento e estabelecimento de plântulas. In: Ferreira, A.G. & Borghetti, F. (Orgs.). *Germinação: do básico ao aplicado*. Porto Alegre: Artmed. 323p.
- Metzger, J.P.; Bernacci, L.C. & Goldenberg, R. 1997. Pattern of tree species diversity in riparian forest fragments of different widths. *Plant Ecology*, 133: 135-152.
- Milton, W.E.J. 1936. The buried viable seeds of enclosed and unenclosed hill land. *W. P. B. S. Bull. Series H*, 14: 58-84.
- Milton, W.E.J. 1939. The occurrence of buried viable seeds in soils at different elevations and on a salt marsh. *J. Ecol.*, 27: 149-159.
- Moore, P.D. & Chapman, S.B. 1986. *Methods in Plant Ecology*. 2nd edition. Blackwell Scientific Publications. Oxford London Edinburgh. 589p.
- Morison, J.I.L.; Piedade, M.T.F.; Müller, E.; Long, S.P.; Junk, W.J. & Jones, M.B. 2000. Very high productivity of the C₄ aquatic grass *Echinochloa polystachya* in the Amazon floodplain confirmed by net ecosystem CO₂ flux measurements. *Oecologia*, 125: 400-411.
- Niering, W.A. 1987. Vegetation Dynamics (Succession and Climax) in Relation to Plant Community Management. *Conservation Biology*, 1(4): 287-293.
- Odum, E.P. 1969. The strategy of ecosystem development. *Science*, 164 (3877): 262-270.
- Odum, E.P. 1971. *Ecologia*. México, Nueva Editorial Interamericana, 639p.
- Odum, E.P. 1983. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Editora Guanabara S.A.

- Oliveira, A.C. 1998. *Aspectos da dinâmica populacional de Salix martiana Leyb. (Salicaceae), em áreas de várzea da Amazônia Central*. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 83p.
- Oliveira, P.E.A.M. & Moreira, A.G. 1992. Anemocoria em espécies de cerrado e mata de galeria de Brasília, DF. *Revista Brasileira de Botânica*, 15: 103-174.
- Parolin, P. 2000. Growth, productivity and use of trees in whitewater floodplains. 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 Publisher, Leiden, p. 375-391.
- Parolin, P. 2001. Seed germination and early establishment of 12 tree species from nutrient-rich and nutrient-poor Central Amazonian floodplains. *Aquatic Botany*, 70: 89–103.
- Parolin, P.; Adis, J.; Rodrigues, W.A.; Amaral, I.L. & Piedade, M.T.F. 2004. Floristic study of an igapó floodplain forest in Central Amazonia, Brazil (Tarumã-Mirim, Rio Negro). *Amazoniana*, 18(1/2): 29-47.
- Parolin, P.; Armbrüster, N.; Wittmann, F.; Ferreira, L.V.; Piedade, M.T.F. & Junk, W.J. 2002. Phenology of trees in Central Amazonian floodplains, *Pesquisas Botânicas*, 52: 195-222.
- Parolin, P.; Ferreira, L.V. & Junk, W.J. 2003. Germination characteristics and establishment of trees from central Amazonian flood plains. *Tropical Ecology*, 44(2): 157-169.
- Parolin, P.; Oliveira, A.C.; Piedade, M.T.F.; Wittmann, F. & Junk, W.J. 2002. Pioneer trees in Amazonian floodplains: key species form monospecific stands in different habitats. *Folia Geobotanica*, 37: 225-238.
- Piedade, M.T.F. 1988. *Biomassa, produtividade e atividade fotossintética de Echinochloa polystachya (H.B.K.) Hitchcock (Gramineae = Poaceae), capim semi-aquático da Várzea Amazônica*. Tese de Doutorado, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Fundação Universidade do Amazonas, Manaus, Amazonas. 154p.
- Piedade, M.T.F. 1993. Biologia e ecologia de *Echinochloa polystachya* (H.B.K) Hitchcock (Gramineae=Poaceae), capim semi-aquático da varzea amazonica. *Acta Limnologica Brasiliensia*, Brasil, VI: 173-185.
- Piedade, M.T.F. & Junk, W.J. 2000. Natural grasslands and herbaceous plants in the Amazon floodplain an 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*, p. 269-290. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; Adis, J. & Parolin, P. 2005a. Ecologia, zonation e colonização da vegetação Arbórea das ilhas Anavilhanas. *Pesquisas, Botânica*, 56: 117-144.

- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; Long, S.P. 1991. The productivity of the C4 grass *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. *Ecology*, 72(4): 1456-1463.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J.; Long, S.P. 1997. Nutrient dynamics of the highly productive C4 macrophyte *Echinochloa polystachya* on the Amazon floodplain. *Functional Ecology*, 11: 60-65.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. & Mello, J.A.N. 1992. A floodplain grassland of the central Amazon, cap. 5. In: Long, S.P.; Jones, M.B. & Roberts, M.J. (Eds.) *Primary Productivity of Grass Ecosystems of the Tropics and Subtropics*, Chapman & Hall published, p. 127-158.
- Piedade, M.T.F.; Junk, W.J. & Parolin, P. 2000. The flood pulse and photosynthetic response of trees in a white water floodplain (várzea) of Central Amazon, Brazil. *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, v. 27.
- 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. *Revista de Biología Tropical*, v. 54, p. 1171-1178.
- Piedade, M.T.F.; Schoengart, J. & Junk, W.J. 2005b. O manejo sustentável das áreas alagáveis da Amazônia central e as comunidades de herbáceas aquáticas. *UAKARI* 1(1):29-38.
- Piedade, M.T.F.; Worbes, M. & Junk, W.J. 2001. Geoecological controls on elemental fluxes in communities of higher plants in Amazonian floodplains. In: McClain, M.E.; Victoria, R.L.; Richey, J.W. (Eds.): *The Biogeochemistry of the Amazon Basin*. Oxford University Press, p. 209-234.
- Pijl, L. van der 1982. *Principles of seed dispersal in higher plants*. 3 ed. Berlin: Springer-Verlag. 215p.
- Pompêo, M.L.M. & Moschini-Carlos, V. 2003. *Macrófitas aquáticas e perifíton, aspectos ecológicos e metodológicos*. São Carlos: RiMa Editora e FAPESP. 134p.
- Prance, G.T. 1979. Notes on vegetation of Amazonica III. The terminology of amazonian forest types subject to inundation. *Brittonia*, 31(1): 26-38.
- Primack, R.B., Ashton, P.S., Chai, P. & Lee, H.S. 1985. Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak, East Malaysia. *Ecology*, 66: 577-588.
- Puhakka, M.; Kalliola, R.; Salo, J. & Rajasilta, M. 1993. La sucesión forestal que sigue a la migración de rios en la selva baja peruana. In: Kalliola, Puhakka, Danjoy (eds.) *Amazonia Peruana: Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*. Proyecto Amazonia, Universidad de Turku, p. 167-201.

- Queiroz, J.A.; Trovão, D.M.B.M.; Oliveira, A.B. de & Oliveira, E.C.S. 2006. Análise da Estrutura Fitossociológica da Serra do Monte, Boqueirão, Paraíba. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 6(1): 251-259.
- Revilla, J.D. 1991. *Aspectos florísticos e estruturais da floresta inundável (várzea) do baixo Solimões, Amazonas, Brasil*. Tese de Doutorado, INPA- Manaus, AM. 122p.
- Rice, K.J. 1989. Impacts of seed banks on grassland community structure and population dynamics. In: Leck, M.A.; Parker, V.T.; Simpson, R.L. (Eds.). *Ecology of soil seed banks*. London, Academic Press, p. 69-86.
- Richards, P.W. 1952. *The tropical rain Forest: an ecological study*. London, Cambridge, Univ. Press. 450p.
- Ricklefs, R.E. 1996. *A Economia da Natureza*. Terceira edição, Guanabara, Koogan, Rio de Janeiro. 470p.
- Roberts, H.A. 1981. Seed banks in the soil. *Advances in Applied Biology*, 6: 1-55.
- Rodrigues, R.R. 1992. *Análise de um remanescente de vegetação natural às margens do rio Passa Cinco, Itapeúna, SP*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Rumpho, M.E. & Kennedy, R.A. 1981. Anaerobic metabolism in germination seeds of *Echinochloa crus-galli* (Barnyard grass). *Plant Physiology*, 68: 165-168.
- Salo, J.; Kalliola, R.; Hakkinen, J.; Mäkinen, Y.; Niemela, P.; Puhakka, M. & Coley, P.D. 1986. "River dynamics and the diversity of Amazon lowland forest". *Nature*, 322: 254-258.
- Sarukhán, J. 1974. Studies on plant demography: *Ranunculus repens* L., *R. bulbosus* L., and *R. acris* L. II. Reproductive strategies and seed population dynamics. *Journal of Ecology*, 62: 151-177.
- Scarano, F.R.; Ribeiro, K.T.; Moraes, L.F.D. & Lima, H.C. 1997. Plant establishment on flooded and unflooded patches of a freshwater swamp forest in southeastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 14: 793-803.
- Schöngart, J.; Piedade, M.F.T. & Worbes, M. 2000. *Successional differentiation in structure, floristic composition and wood increment of whitewater floodplain forests in Central Amazonia*. German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems – Achievements and Prospects of Cooperative Research, Hamburg, September 3-8, Session 4, p. 589-606.
- Schubart, H.O.R. 1983. Ecologia e Utilização das Florestas. In: Salati, E.; Junk, W. J.; Schubart, H.O.R. & Oliveira, A.E. (Eds.). *Amazônia: desenvolvimento, integração e ecologia*. Editora Brasiliense, SP; CNPq, p. 101-143.

- Simpson, R.L.; Leck, M.A. & Parker, V.T. 1989. Seed banks: General concepts and methodological issues. *In*: Leck, M.A.; Parker, V.T. & Simpson, R.L. (Ed). *Ecology of soil seed banks*. London, Academic Press, p. 3-8.
- Sioli, H. 1968. Hydrochemistry and Geology in the Brazilian Amazon Region. *Amazoniana*, 1(3): 267-277.
- Sioli, H. 1991. *Amazônia: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais*. 3 ed. Vozes, Petrópolis. 71p.
- Suguio, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blücher, ed. da USP. 317p.
- Swaine, M.D. & Whitmore, T.C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio*, 75: 81-86.
- Templeton, A.R. & Levin, D.A. 1979. Evolutionary consequences of seed pools. *American Naturalist*, Chicago, 114: 232-249.
- Terborgh, J. & Petren, K. 1991. Development of habitat structure through succession in an Amazonian floodplain forest. *In*: Bell, S.S. *et al*, (eds.). *Habitat structure*, Chapman and Hall, London, p. 28-46.
- Ter Heerdt, G.N.J.; Verweij, G.L.; Bekker, R.M. & Bakker, J.P. 1996. An improved method for seed-bank analysis: seedling emergence after removing the soil by sieving. Technical Report. *Functional Ecology*, 10: 144-151.
- Thompson, K. & Grime, J.P. 1979. Seasonal variation in the seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *J. Ecol.*, 67: 893-921.
- Thompson, K.; Grime, J.P. 1983. A comparative study of germination responses to diurnally-fluctuating temperatures. *Journal of Applied Ecology*, 20: 141-156.
- Vartapetian, B.B.; Snkhchian, H.H. & Generozova, I.P. 1987. Mitochondrial fine structure in imbibing seeds and seedlings of *Zea mays* L. under anoxia. *In*: R.M.M. Crawford (Ed.). *Plant life in aquatic and amphibious habitats*. Blackwell Scientific Publications, Oxford London Edinburgh, p. 205 -223.
- Vilar, F.C.R. 2006. *Impactos da invasão da Algaroba [Prosopis juliflora (Sw.) DC.] sobre estrato herbáceo da caatinga: florística, fitossociologia e citogenética*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias. Areia, Paraíba. 94p.
- Wagner, K. 2007. Amazon river: importance and development. Special topics in Brazilian agriculture and food production systems, *For AGRO*, 689: 1-8.

- Walck, J.L.; Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 1996. An ecologically and evolutionarily meaningful definition of a persistent seed bank in *Solidago*. *Amer. J. Bot.* 83 (Supplement to No. 6), 78-79. [Abstract].
- Wantzen, K.M. & Junk, W.J. 2000. The importance of stream-wetland-systems for biodiversity: a tropical perspective. *In: Gopal, B.; Junk, W.J. & Davis, J.A. (Eds.). Biodiversity in wetlands: assessment, function and conservation*, vol 1, Backhuys Publishers, Leiden, p. 11- 34.
- Wentworth C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377–392.
- Whitmore, T.C. 1976. Gaps in the forest canopy. *In: Tomlinson, P.B. & Zimmermann, M.H. (Eds.). Tropical trees as living systems. The proceedings of the Fourth Cabot Symposium held at Harvard Forest, Petersham, Massachusetts. Cambridge University Press*, p. 639-655.
- Whitmore, T.C. 1978. The forest ecosystems of Malaysia, Singapore and Brunei: description, functioning and research needs. *See Ref. 149*, p. 641-653.
- Whitmore, T.C. 1983. Secondary succession from seed in tropical rain forests. *Forestry Abstracts*, 44(120): 767-779.
- Whitmore, T.C. 1988. The influence of tree population dynamics on forest species composition. *In: Davy, A.J.; Hutchings, M.J. & Watkinson, A.R. (eds.). Plant population ecology*. Oxford: Blackwell, p. 271-291.
- Whitmore, T.C. 1989. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, 70: 536-538.
- Whittaker, R.H. 1953. A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecological Monographs*, 23, 41-78.
- Wilson, S.D. 1999. Plant interactions during secondary succession. *In: Walker, L.R. (ed.). Ecosystems of disturbed ground*, Elsevier, Amsterdam, Lausanne, New York, p. 611-632.
- Wittmann, A.O.; Piedade, M.T.F.; Parolin, P. & Wittmann, F. 2007. Germination in four low-várzea tree species of Central Amazonia. *Aquatic Botany*, 86: 197–203.
- Wittmann, F.; Anhuf, D. & Junk, W.J. 2002. Tree species distribution and community structure of central Amazonian várzea forests by remote-sensing techniques. *Journal of Tropical Ecology*, Cambridge University Press, Printed in the United Kingdom, 18: 805-820.
- Wittmann, F. & Junk, W.J. 2003. Sapling communities in Amazonian white-water forests. *Journal of Biogeography*, 30(10): 1533-1544.

- 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. *Forest Ecology and Management*, 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*, 33: 1334-1347.
- Worbes, M. 1983. Vegetationskundliche Untersuchungen zweier Überschwemmungswälder in Zentralamazonien – vorläufige Ergebnisse. *Amazoniana*, 8: 47-65.
- Worbes, M. 1985. Structural and other adaptations to longterm flooding by trees in Central Amazonia. *Amazoniana*, 9(1): 459-484.
- Worbes, M. 1986. Lebensbedingungen und Holzwachstum in Zentralamazonischen Überschwemmungswäldern. *Scripta Geobotanica*, 17: 1-112.
- Worbes, M. 1997. The forest ecosystem of the floodplains. In: Junk, W.J. (Ed). *The Central Amazon Floodplain: Ecology of a pulsing system*. Ecological Studies, 126: 223-265. Springer Verlag, Heidelberg, Germany.
- Worbes, M. & Junk, W.J. 1999: How old are tropical trees? The persistence of a myth. *IAWA Journal*, 20(3): 255-260.
- Worbes, M.; Klinge, H.; Revilla, J.D. & Martius, C. 1992: On the dynamics, floristic subdivision and geographical distribution of Várzea forests in Central Amazonia. *Journal of Vegetation Science*, 3: 553-564.
- Young, K.R.; Ewel, J.J. & Brown, B.J. 1987. Seed dynamics during forest succession in Costa Rica. *Vegetation*, v. 71, p. 157-173.

Anexo 1 – Lista de espécies encontradas em 1,5 ha em dezembro de 2007 e outubro de 2008 na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central. Hábito: (H) estrato herbáceo e (A) estrato arbóreo. Ocorrência (número de parcelas em que aparece a espécie).

Espécie	Háb.	Ocorr.	Riqueza
AMARANTHACEAE			2
<i>Alternanthera sessilis</i> (L.) R. Br.	H	1	
<i>Alternanthera</i> sp.	H	1	
APOCYNACEAE			1
<i>Sarcostemma clausum</i> (Jacq.) Schult.	H	3	
ARACEAE			1
<i>Pistia stratiotes</i> L.	H	2	
ASTERACEAE			5
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	H	7	
<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.	H	3	
<i>Egletis viscosa</i> (L.) Less.	H	2	
<i>Mikania micrantha</i> Kunth	H	10	
cf <i>Viguiera</i>	H	1	
AZOLLACEAE			1
<i>Azolla filiculoides</i> Lam.	H	3	
BORAGINACEAE			1
<i>Heliotropium indicum</i> L.	H	4	
CAPPARACEAE			1
<i>Crataeva benthamii</i> Eichler	A	1	
COMMELINACEAE			1
<i>Commelina schomburgkiana</i> Klotzsch	H	2	
CONVOLVULACEAE			2
<i>Ipomoea</i> sp.	H	15	
sp. 1	H	1	
CUCURBITACEAE			10
<i>Luffa operculata</i> (L.) Cogn.	H	1	
<i>Gurania</i> cf <i>lobata</i>	H	1	
cf <i>Melothria pendula</i>	H	5	
sp. 26	H	2	
sp. 48	H	4	
sp. 49	H	6	
sp. 50	H	4	
sp. 63	H	1	
sp. 90	H	2	
sp. 91	H	1	

 Continuação Anexo I

CYPERACEAE			10
<i>Cyperus surinamensis</i> Rottb.	H	6	
<i>Cyperus cf digitatus</i>	H	6	
<i>Cyperus cf luzulae</i>	H	1	
<i>Cyperus</i> sp. 6	H	4	
<i>Cyperus</i> sp. 27	H	3	
<i>Cyperus</i> sp. 57	H	2	
<i>Cyperus</i> sp. 82	H	1	
<i>Cyperus</i> sp. 83	H	1	
<i>Fimbristylis cf quinquangularis</i>	H	7	
sp. 54	H	1	
EUPHORBIACEAE			3
<i>Alchornea castaneifolia</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) A. Juss.	A	19	
<i>Caperonia castaneifolia</i> (L.) A. St.-Hil.	H	5	
<i>Phyllanthus fluitans</i> Benth. ex Müll. Arg.	H	1	
FABACEAE			5
<i>Senna reticulata</i> (Willd.) H.S. Irwin & Barneby	H	8	
<i>Mimosa cf setosa</i>	H	1	
<i>Neptunia oleracea</i> Lour.	H	4	
<i>Aeschynomene</i> sp.	H	4	
<i>Cymbosema roseum</i> Benth.	H	1	
HYDROCHARITACEAE			1
<i>Limnobium laevigatum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Heine	H	1	
LAMIACEAE			3
<i>Hyptis brevipes</i> Poit.	H	1	
<i>Vitex cymosa</i> Bert.	A	8	
sp. 70	H	1	
LAURACEAE			2
<i>Nectandra amazonum</i> Nees	A	8	
sp. 1	A	1	
MALVACEAE			2
<i>Apeiba aspera</i> Aubl.	A	11	
<i>Pseudobombax munguba</i> (Mart. & Zucc.) Dugand	A	18	
MENISPERMACEAE			1
<i>Odontocarya tamoides</i> (DC.) Miers	H	1	
MORACEAE			1
<i>Maclura tinctoria</i> D. Don ex Steud.	A	6	

 Cont. Anexo I

ONAGRACEAE			3
<i>Ludwigia decurrens</i> Walter	H	2	
<i>Ludwigia densiflora</i> (Micheli) H. Hara	H	10	
<i>Ludwigia helminthorrhiza</i> (Mart.) H. Hara	H	4	
PASSIFLORACEAE			1
<i>Passiflora</i> sp.	H	1	
PLANTAGINACEAE			1
<i>Scoparia dulcis</i> L.	H	1	
POACEAE			15
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	H	2	
<i>Echinochloa crus-galli</i> var. <i>crus-pavonis</i> (Kunth) Hitchc.	H	1	
<i>Echinochloa polystachya</i> (Kunth) Hitchc.	H	18	
<i>Gynerium sagittatum</i> (Aubl.) Beauv.	H	8	
<i>Hymenachne amplexicaulis</i> (Rudge) Nees	H	11	
<i>Paspalum fasciculatum</i> Willd. ex Flügge	H	20	
<i>Paspalum repens</i> P.J. Bergius	H	14	
<i>Brachiaria</i> cf <i>brizantha</i>	H	8	
<i>Luziola</i> cf <i>subintegra</i>	H	1	
<i>Setaria</i> cf <i>geniculata</i>	H	1	
<i>Sorghum</i> cf <i>arundinaceum</i>	H	2	
<i>Oryza</i> sp.	H	5	
sp. 16	H	3	
sp. 75	H	2	
sp. 81	H	1	
POLYGONACEAE			1
<i>Polygonum ferrugineum</i> Wedd.	H	7	
PONTEDERIACEAE			1
<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.) Solms	H	10	
RUBIACEAE			1
<i>Oldenlandia lancifolia</i> (Schumach.) DC.	H	2	
SALICACEAE			2
<i>Laetia corymbulosa</i> Spruce ex Benth.	A	6	
<i>Salix martiana</i> Leyb.	A	9	
SALVINIACEAE			1
<i>Salvinia auriculata</i> Aubl.	H	4	
SCROPHULARIACEAE			1
<i>Stemodia hyptoides</i> Cham. & Schldl.	H	1	

 Cont. Anexo I

SOLANACEAE			3
<i>Physalis angulata</i> L.	H	6	
<i>Solanum americanum</i> Mill.	H	1	
<i>Solanum</i> sp.	H	2	
SPHENOCLEACEAE			1
<i>Sphenoclea zeylanica</i> Gaertn.	H	7	
URTICACEAE			1
<i>Cecropia</i> sp.	A	21	
VERBENACEAE			2
<i>Phyla betulaefolia</i> (Kunth) Greene	H	8	
<i>Phyla</i> sp.	H	2	
VITACEAE			1
sp. 65	H	1	
INDETERMINADA			8
msp 1	H	4	
msp 2	H	6	
msp 3	H	4	
msp 4	H	1	
msp 5	H	1	
msp 6	H	1	
msp 7	H	2	
msp 8	H	1	

Anexo II – Percentual de germinação acumulada das 31 espécies encontradas no banco de sementes dos substratos coletados a 0,5 m, 1 m e 1,5 m, na Ilha Nova, Rio Solimões, Amazônia Central, durante os 124 dias de experimento (Figura 11-19).

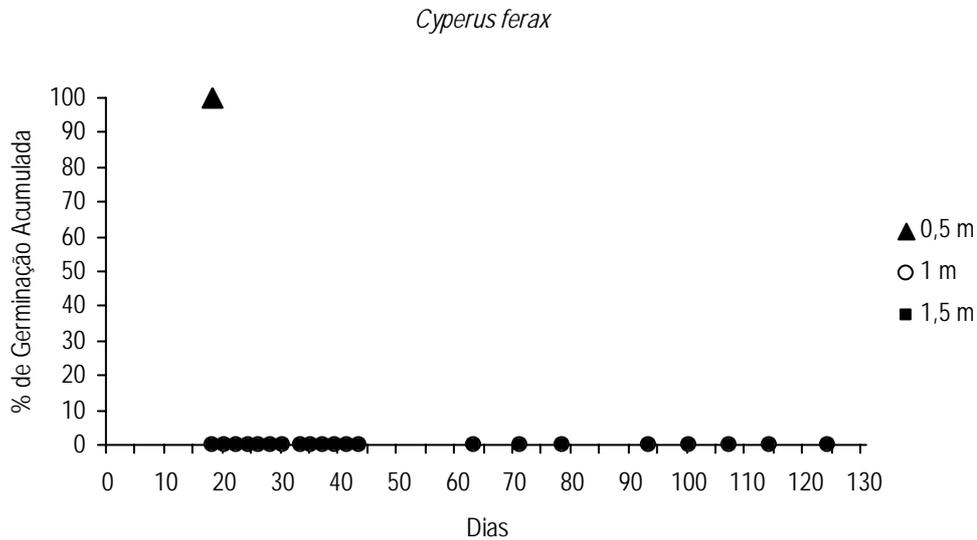


Figura 11a – Germinação acumulada da espécie *Cyperus ferax* (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 18 dias a 0,50 m de profundidade.

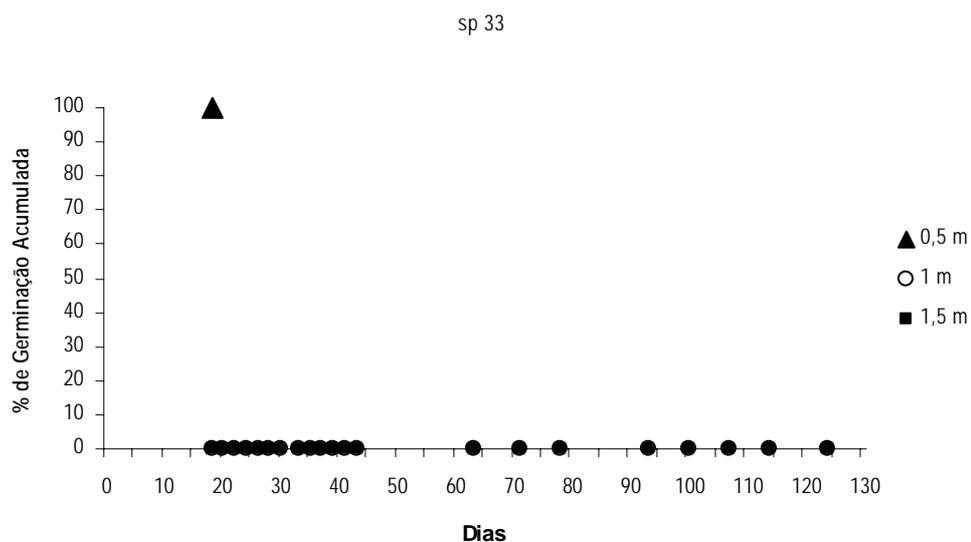


Figura 11b – Germinação acumulada da espécie sp 33 (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 18 dias a 0,50 m de profundidade.

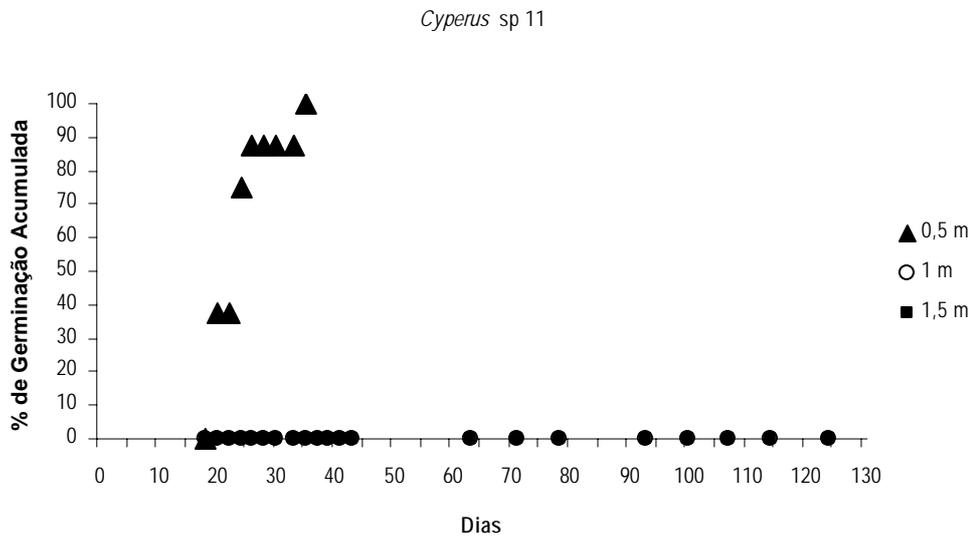


Figura 11c – Germinação acumulada da espécie *Cyperus* sp 11 (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 35 dias a 0,50 m de profundidade.

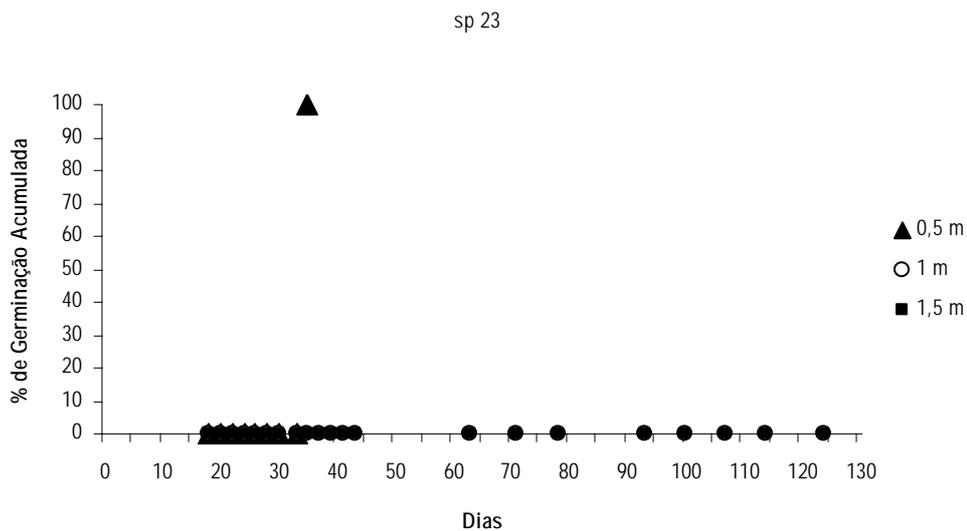


Figura 11d – Germinação acumulada da espécie sp 23 (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 35 dias a 0,50 m de profundidade.

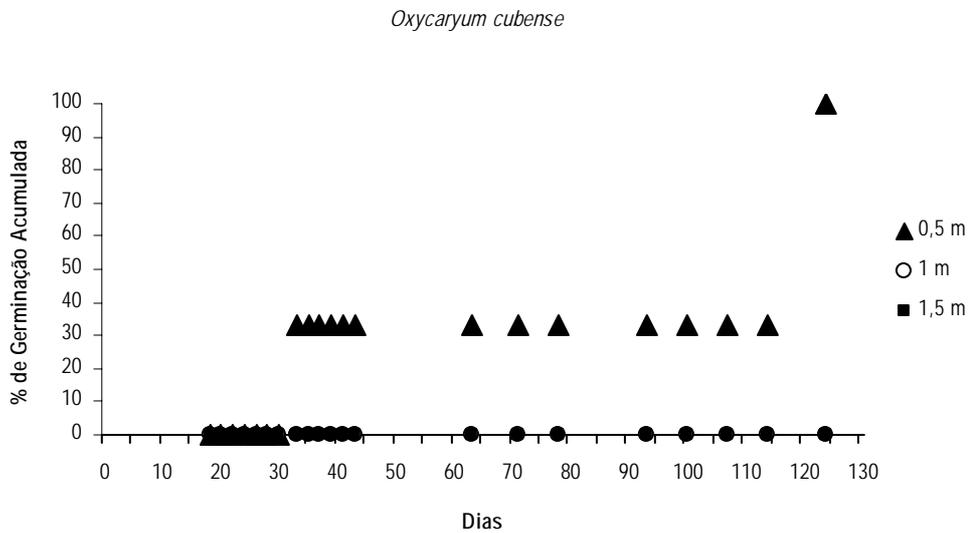


Figura 11e – Germinação acumulada da espécie *Oxycaryum cubense* (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias a 0,50 m de profundidade.

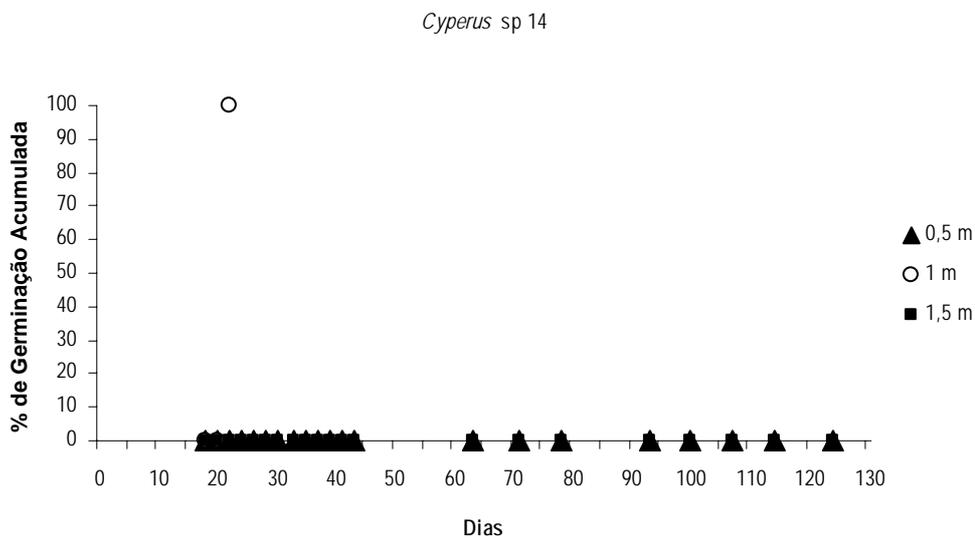


Figura 11f – Germinação acumulada da espécie *Cyperus sp 14* (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 22 dias a 1 m de profundidade.

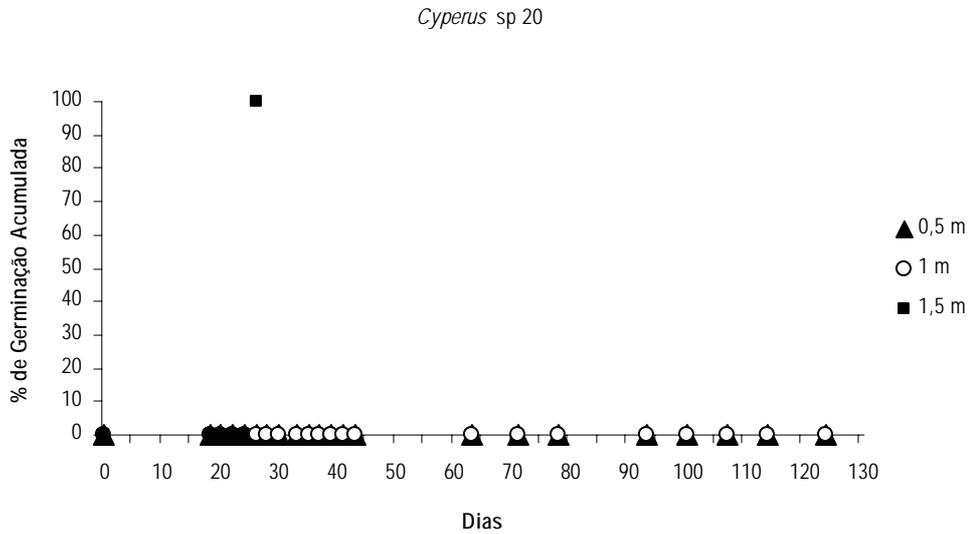


Figura 11g – Germinação acumulada da espécie *Cyperus* sp 20 (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 26 dias a 1,5 m de profundidade.

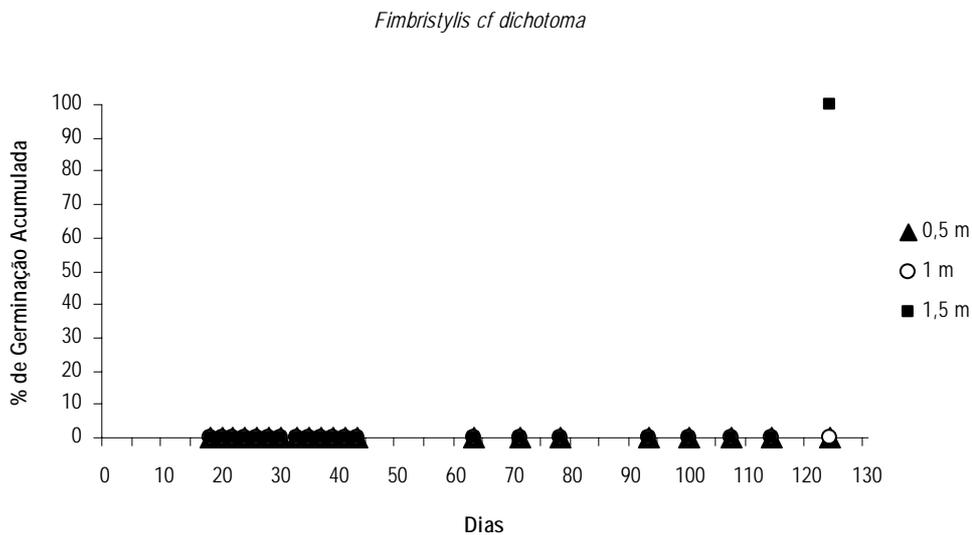


Figura 11h – Germinação acumulada da espécie *Fimbristylis* cf *dichotoma* (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias a 1,5 m de profundidade.

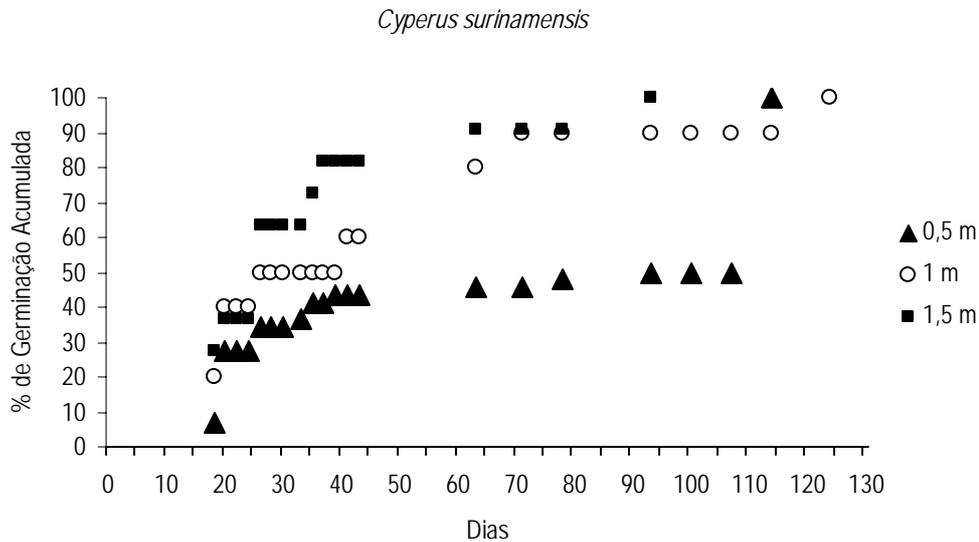


Figura 11i – Germinação acumulada da espécie *Cyperus surinamensis* (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação a 114, 124 e 93 dias, nas profundidades 0,50 m, 1 m e 1,5 m, respectivamente.

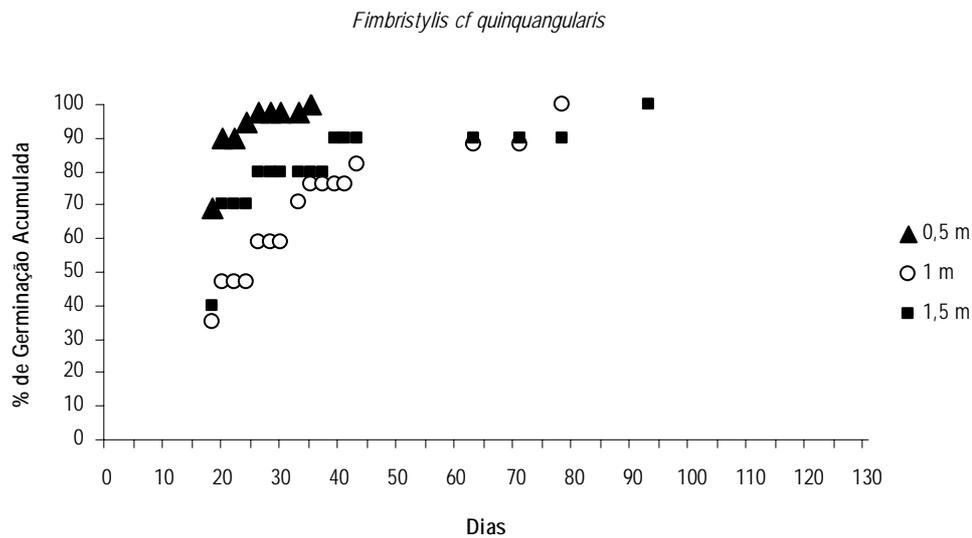


Figura 11j – Germinação acumulada da espécie *Fimbristylis cf quinquangularis* (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 35, 78 e 93 dias, nas profundidades 0,50 m, 1 m e 1,5 m, respectivamente.

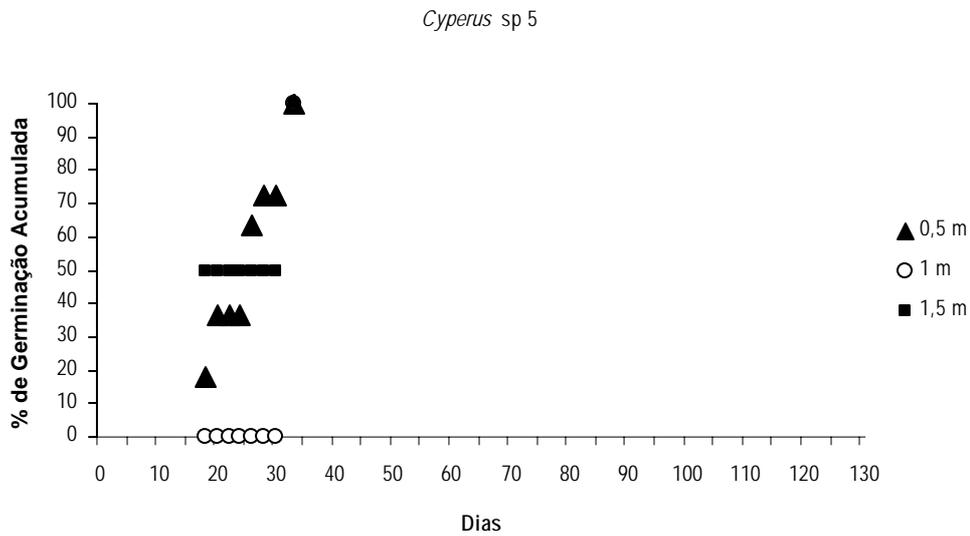


Figura 11k – Germinação acumulada da espécie *Cyperus sp 5* (Cyperaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 33 dias, nas três profundidades.

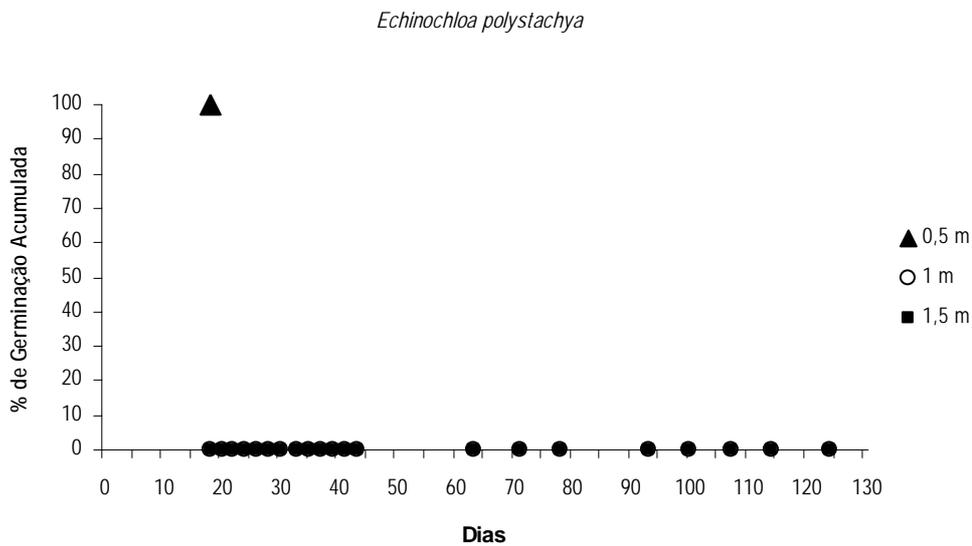


Figura 12a – Germinação acumulada da espécie *Echinochloa polystachya* (Poaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 18 dias a 0,5 m de profundidade.

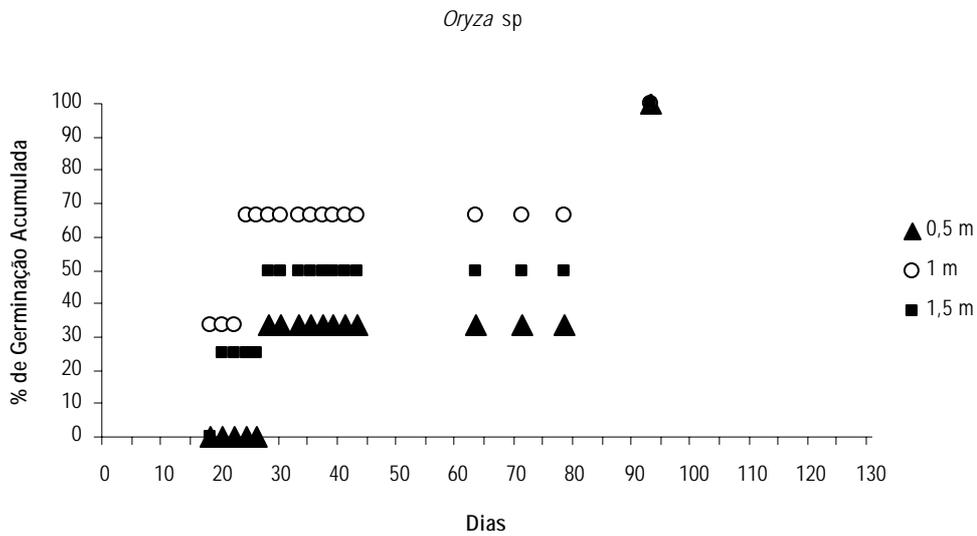


Figura 12b – Germinação acumulada da espécie *Oryza sp* (Poaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 93 dias, nas três profundidades.

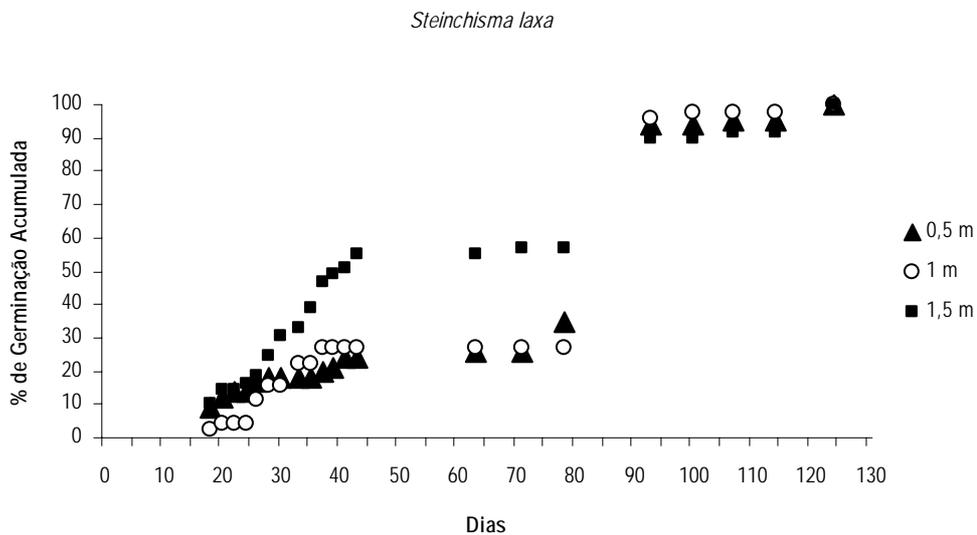


Figura 12c – Germinação acumulada da espécie *Steinchisma laxa* (Poaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias, nas três profundidades.

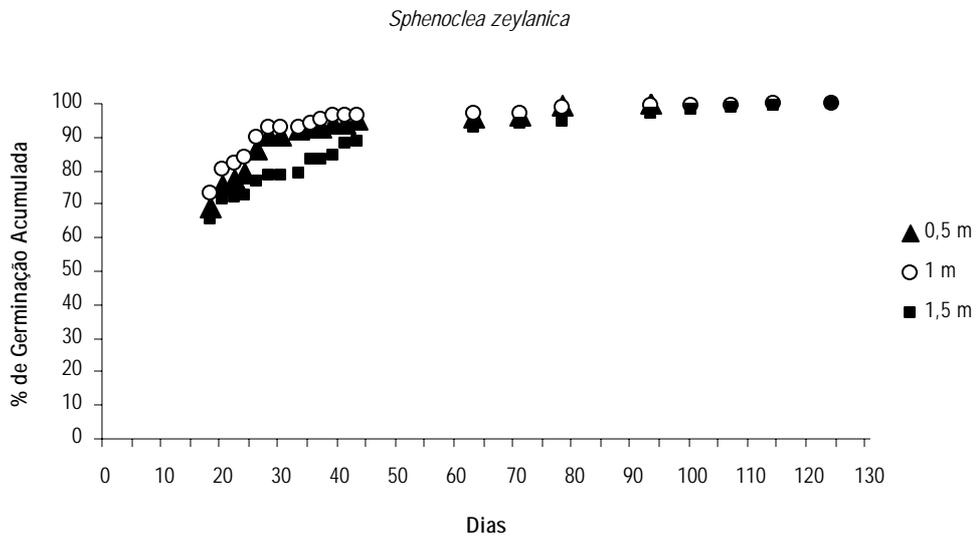


Figura 13 – Germinação acumulada da espécie *Sphenoclea zeylanica* (Sphenocleaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 93 dias a 0,5 m e em 124 dias a 1 m e 1,5 m.

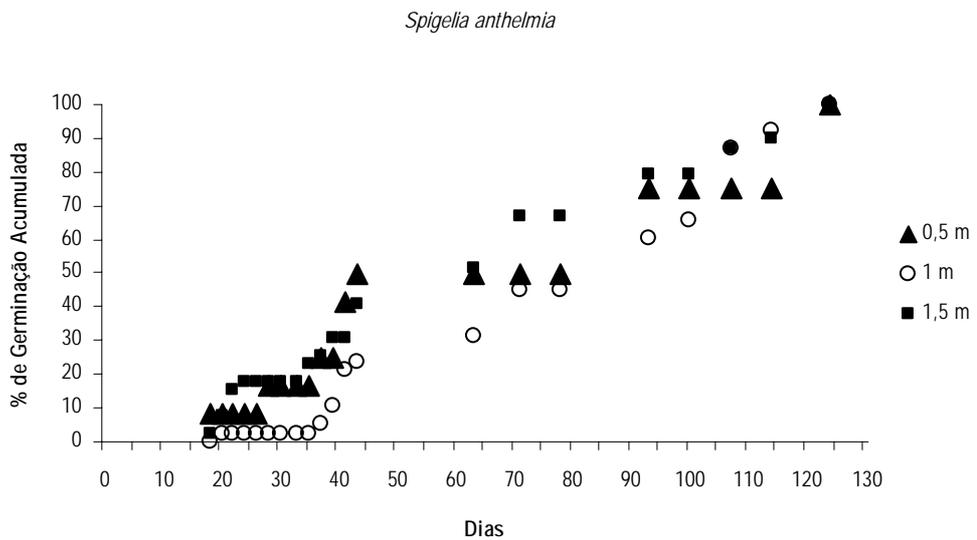


Figura 14 – Germinação acumulada da espécie *Spigelia anthelmia* (Loganiaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias, nas três profundidades.

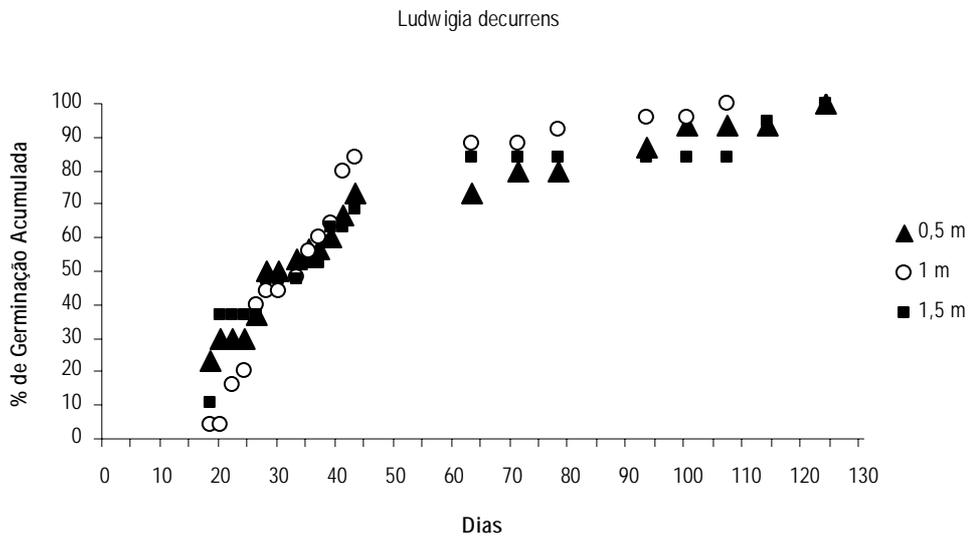


Figura 15a – Germinação acumulada da espécie *Ludwigia decurrens* (Onagraceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 30, 25 e 19 dias a 0,5 m, 1 m e 1,5 m, respectivamente.

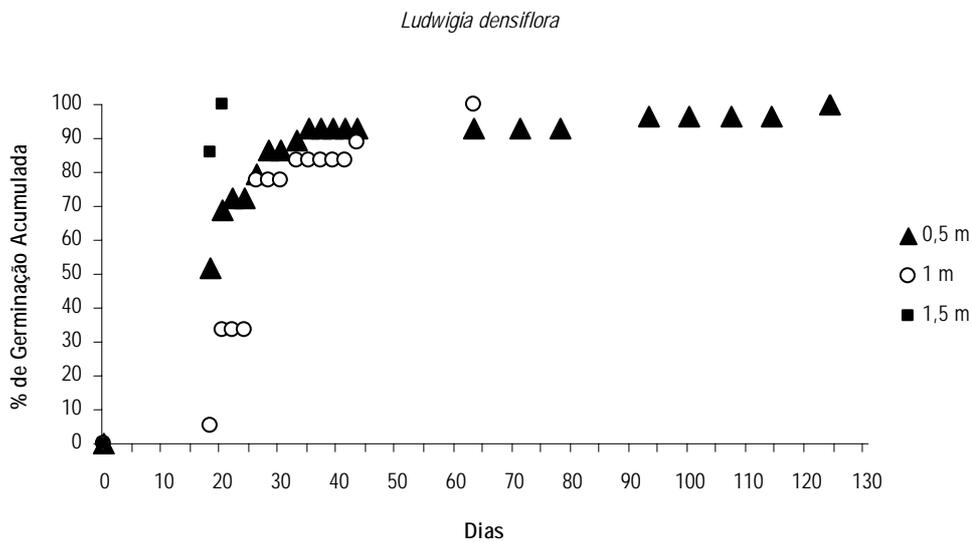


Figura 15b – Germinação acumulada da espécie *Ludwigia densiflora* (Onagraceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 29, 18 e 7 dias a 0,5 m, 1 m e 1,5 m, respectivamente.

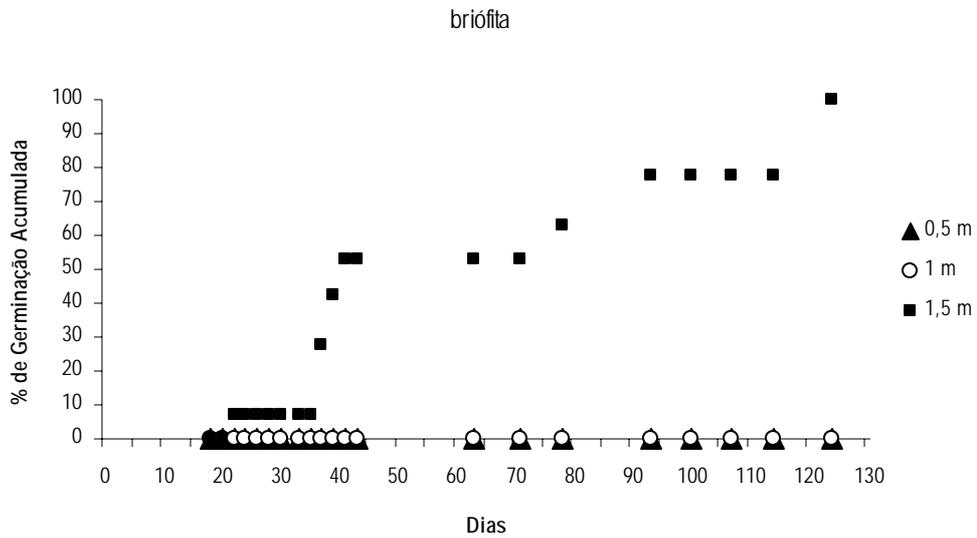


Figura 16 – Germinação acumulada de uma espécie de briófito ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias a 1,5 m.

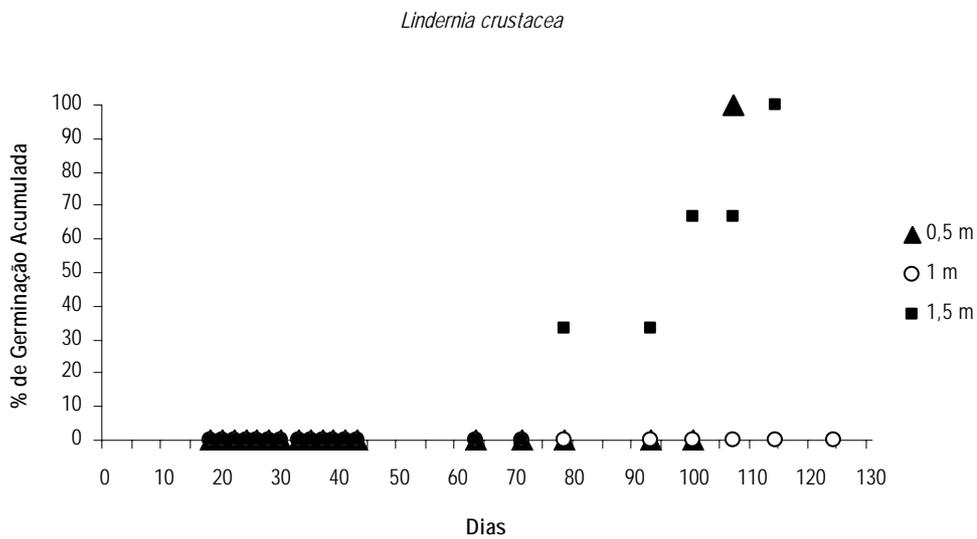


Figura 17a – Germinação acumulada da espécie *Lindernia crustacea* (Scrophulariaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 107 dias a 0,5 m e em 114 dias a 1,5 m.

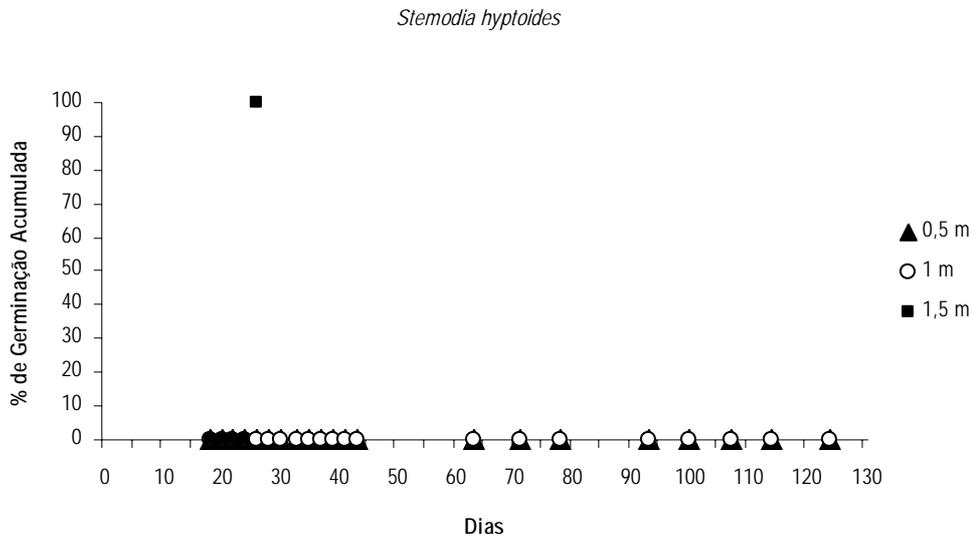


Figura 17b – Germinação acumulada da espécie *Stemodia hyptoides* (Scrophulariaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 26 dias a 1,5 m.

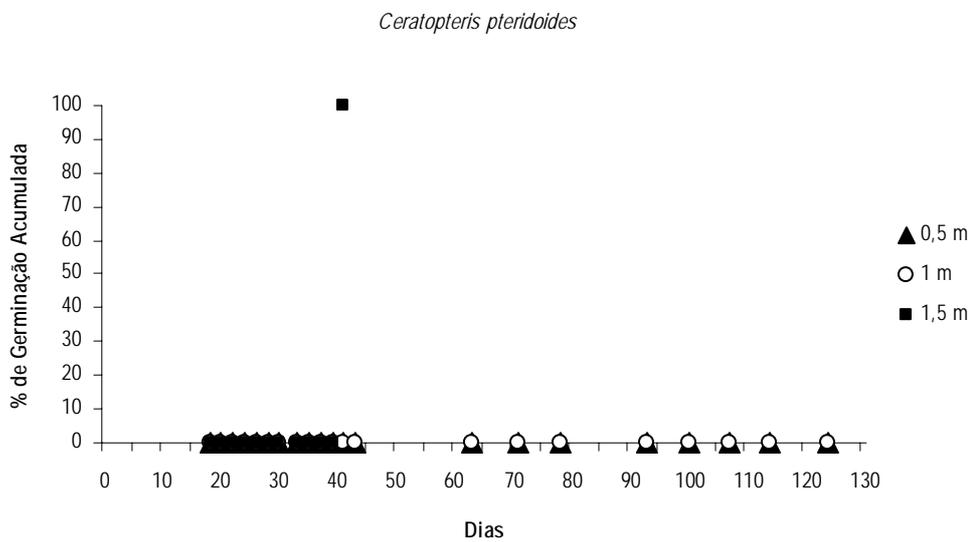


Figura 18 – Germinação acumulada da espécie *Ceratopteris pteridoides* (Pteridaceae) ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 41 dias a 1,5 m.

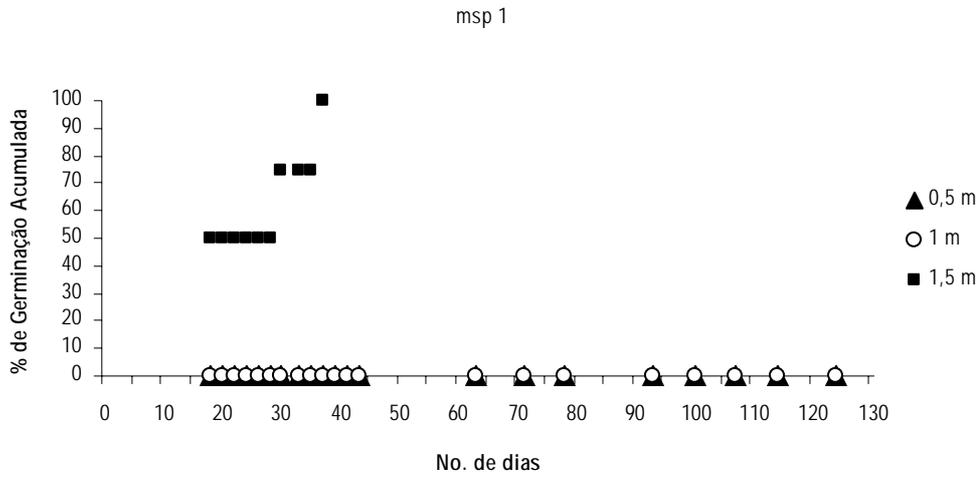


Figura 19a – Germinação acumulada da espécie msp 1 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 37 dias a 1,5 m.

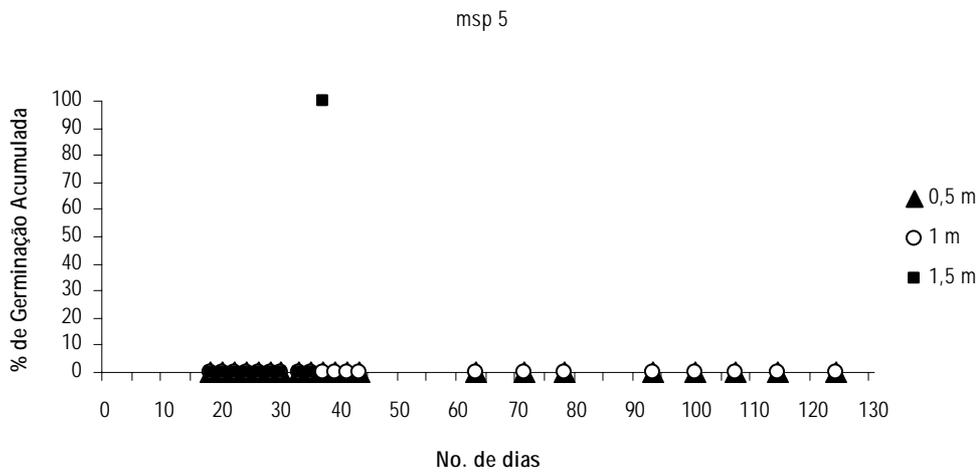


Figura 19b – Germinação acumulada da espécie msp 5 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 37 dias a 1,5 m.

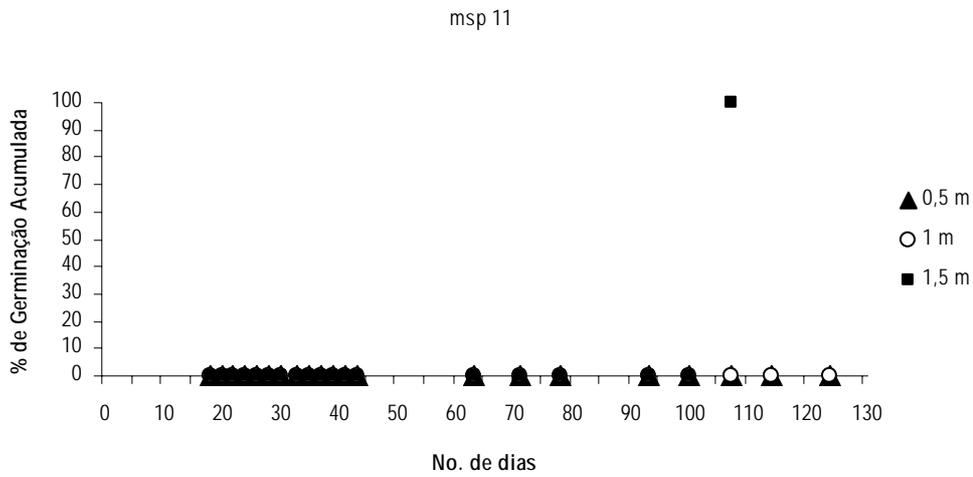


Figura 19c – Germinação acumulada da espécie msp 5 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 107 dias a 1,5 m.

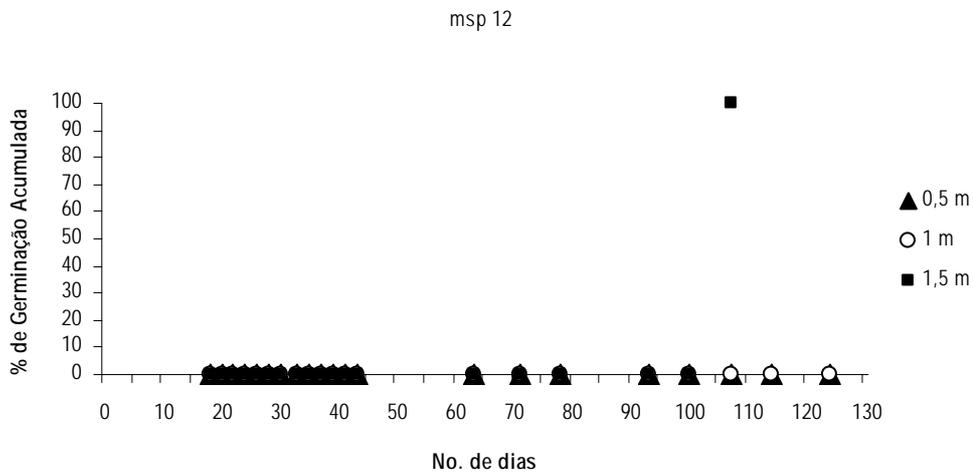


Figura 19d – Germinação acumulada da espécie msp 5 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 107 dias a 1,5 m.

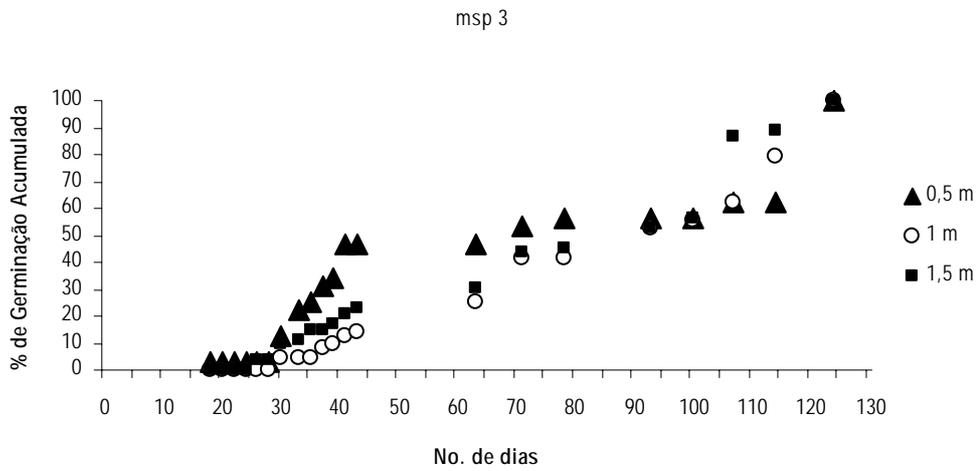


Figura 19e – Germinação acumulada da espécie msp 3 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias nas três profundidades.

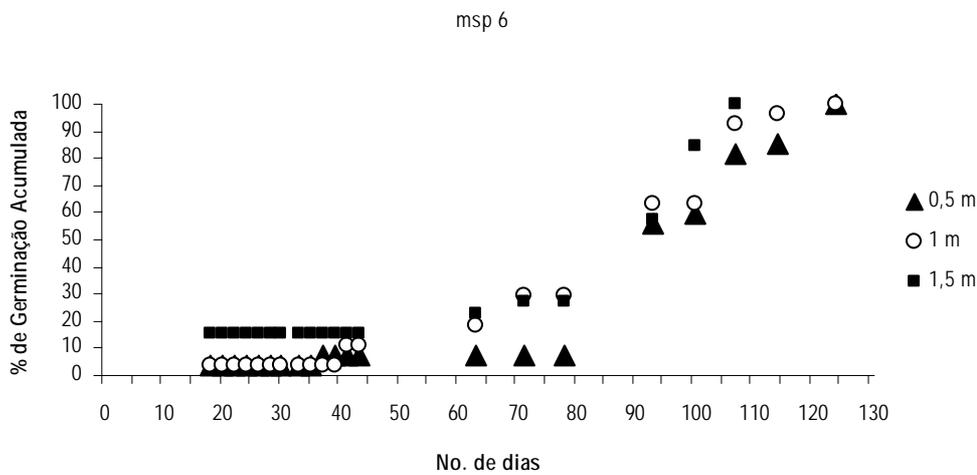


Figura 19f – Germinação acumulada da espécie msp 6 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias a 0,5 m e 1 m, e 107 dias a 1,5 m.

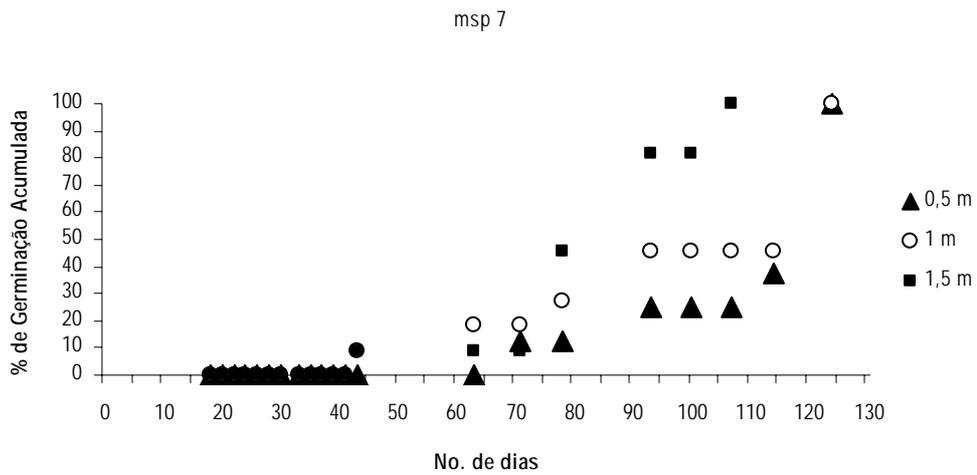


Figura 19g – Germinação acumulada da espécie msp 3 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias a 0,5 m e 1 m, e em 107 dias a 1,5 m.

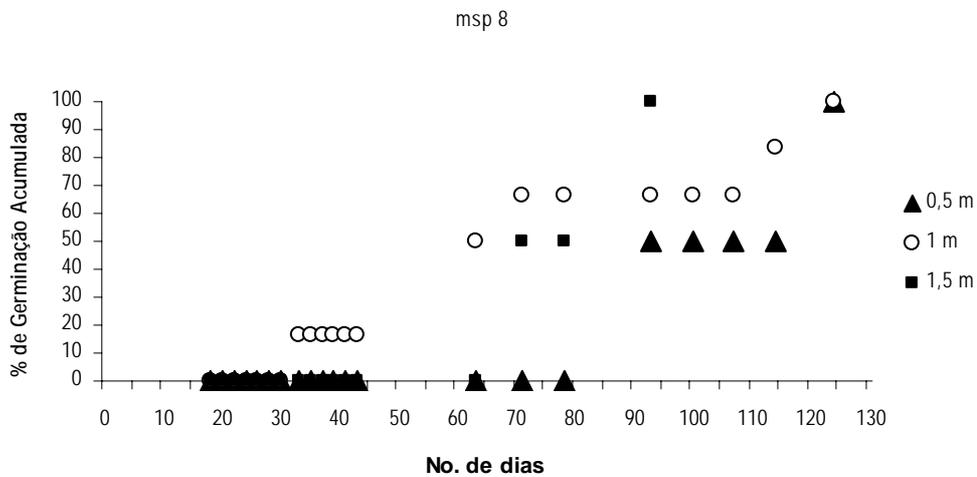


Figura 19h – Germinação acumulada da espécie msp 3 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 124 dias a 0,5 m e 1 m, e em 93 dias a 1,5 m.

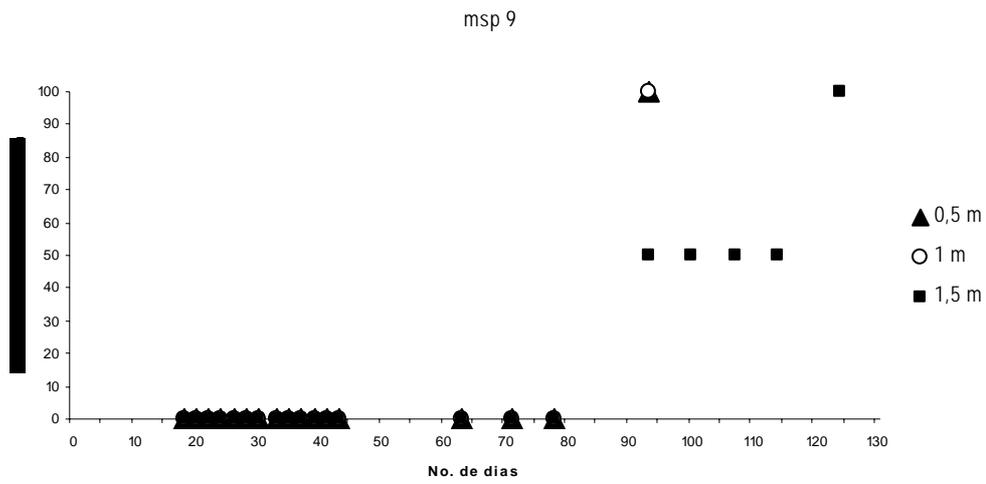


Figura 19i – Germinação acumulada da espécie msp 3 ao longo dos quatro meses de observação, nas diferentes profundidades (0,50 m, 1 m e 1,5 m). Com 100 % de germinação em 93 dias a 0,5 m e 1 m, e em 124 dias a 1,5 m.