Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Centro de Energia Nuclear na Agricultura

Potencial de contribuição de espécies nativas de hábitos distintos para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos

Alice Takako Hirose

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Ecologia Aplicada

Piracicaba
2013

Alice Takako Hirose
Ecóloga

Potencial de contribuição de espécies nativas de hábitos distintos para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **PAULO YOSHIO KAGEYAMA**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Ecologia Aplicada

Piracicaba
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP

Hirose, Alice Takako
Potencial de contribuição de espécies nativas de hábitos distintos para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos / Alice Takako Hirose. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2013.
273 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 2013.

1. Controle de erosão 2. Restauração de margens de corpos hídricos 3. Espécies potenciais 4. Hábitos distintos 5. Diques marginais I. Título

CDD 634.9224
H668p

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

"... Dedico ao Edson, à Celine Miyuki, à minha mãe e aos meus amigos, pelo amor, apoio e compreensão durante todos esses anos, a quem serei eternamente grata..."

AGRADECIMENTOS

Ao Orientador Professor Paulo Kageyama, pelo apoio ao tema proposto e confiança depositada.

Ao IPT, em especial ao Geólogo Adalberto Azevedo, Coordenador do Projeto de P&D ANEEL, pela oportunidade de participação no projeto, apoio e confiança depositada, e também à Bióloga Maria Beatriz e ao Engenheiro Nilson, pelo convívio e amizade durante o desenvolvimento do projeto e pelo conhecimento adquirido.

À CESP de São Paulo, em especial à Geóloga Sílvia Kitahara e ao Engenheiro Heraldo Duarte, Gerentes do Projeto de P&D ANEEL, por todo apoio e confiança depositada, e também à Engenheira Rosana, pelo apoio e amizade.

À CESP de Epitácio, em especial ao Eng. Luís Antônio, por concederem apoio logístico, à Eng. Rosana Cestari pelo apoio técnico, sugestões importantes e amizade, ao Eng. Papa pelas informações técnicas e amizade.

Ào Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ecologia Aplicada ESALQ-CENA/USP, pela oportunidade de ingresso e participação no programa e à CAPES, pela bolsa concedida, e, em especial à Mara Casarin-Secretária do Programa, pelo excelente trabalho e cordialidade.

Ao IBt da SMA-SP, em especial ao Núcleo de Sementes do Instituto de Botânica de São Paulo, pela possibilidade de utilização do Laboratório de Sementes e equipamentos, especialmente aos Diretores Nelson A. Santos Jr e Marina Crestana Guardia. Aos Pesquisadores e Professores Cláudio José Barbedo, Nelson A. Santos Jr e José Marcos Barbosa pela oportunidade de participação nas disciplinas, à técnica Mônica e alunos da Pós-Graduação Lamarca, Cibele, Débora, Vera, João, Maíra, pelo convívio durante contínuos trabalhos em laboratório, com os quais pude aprender muito em todos os sentidos.

Aos Professores e alunos da ESALQ/CENA e IGC/ USP, pela oportunidade de participação nas disciplinas, pelo conhecimento adquirido e amizade, com os quais pude aprender muito, sendo difícil citar todos os nomes, pois, foram muitas as interações positivas. Inesquecíveis, porém as ajudas e o carinho de Amerivan, Aérica, Denise Bizuti, Duzinho, Sâmala e tantos outros.

Um agradecimento especial aos Professores Ademir Reis e Marina Crestana, pela participação na banca de qualificação fornecendo importantes sugestões ao trabalho.

À CESP de Primavera (antiga Engenharia): ao Eng. Pedro Corradi, por conceder apoio logístico ao trabalho; ao Eng. Nadaleto e aos Técnicos Mário Sérgio, Nivaldo, Sr. Luís, pelo apoio aos trabalhos de campo (implantação dos experimentos, aos motoristas Marinho, Vela e Sr. Lauro, ao condutor de barco “Capitão”, à secretária Márcia pelo apoio administrativo, às copeiras, vigilantes e porteiros.

À CESP Meio Ambiente: ao Gerente João Henrique Pinheiro Dias e CESP de Primavera (Horto): ao Eng. Washington e Técnico Celso pelo apoio logístico e em viveiro (apesar das dificuldades).

Meu agradecimento especial ao pessoal do Horto de Primavera: Sr. Ademar, profundo conhecedor das espécies da região e experiente no beneficiamento de sementes, pelo apoio e ensinamentos de técnicas, e pela amizade sincera. Ao profissional polivalente Valmir, e também ao Adriano, Quati, Kiki, Julião, Sr. Pedro, Macambira, pelo apoio logístico para a realização dos trabalhos de coleta de sementes por terra e água. Ao Técnico Fio, pelos ensinamentos práticos sobre plantio. Ao Alessandro e Marcelo, pelo apoio administrativo. Ao Paraíba pelo grando apoio na montagem dos experimentos, irrigação e beneficiamento de sementes. Aos funcionários do viveiro Nelson, Chaolim, Toninha, Iracilda, Francisco, Jandira, que também apoiaram com irrigação, adubação e preparo de substratos. Ao Idimur, que apoiou os trabalhos de viveiro além das coletas de sementes. Aos grandiososos Gilmar e Gaiteiro (ambos nota 10) pelo profissionalismo e ética, assim como todo o apoio e amizade, Zé Maria, Chokito, Flavinho, Paulo, Ariosvaldo, Tadeu, Dema, Oséias, Luciano (tratorista) que apoiaram bravamente os trabalhos de plantio nas margens do reservatório. Aos vigilantes e porteiros Edilson, Almir, Vilmar, Vitamina, Anderson. Ao Dilsinho, pessoa dedicada e amiga em todas horas, agradeço pelo apoio nos trabalhos de escritório e campo em Primavera.

Ao Tivo, Serginho (filho) e todo o pessoal que prestaram serviço ao Projeto: Sr. Aparecido (tratorista), Sr. João (operador de trator de esteira), operadores de retroescavadeira,

À todos da Biblioteca Central, pela atenção durante todos esses anos, e em especial à Sra Eliana, pela revisão na formatação da tese e apoio.

A todos do Serviço de Pós-Graduação da ESALQ, pelo apoio.

Agradeço a todos aqueles que, embora não tenham sido citados, apoiaram a realização do presente trabalho.

Aos amigos e familiares do dia a dia, muito obrigada!

"Só quando a última árvore for derrubada, o último peixe for morto e o último rio for poluído é que o homem perceberá que não pode comer dinheiro" (provérbio indígena)

"O que eu faço é uma gota no meio de um oceano. Mas, sem ela, o oceano será menor" (Madre Teresa de Calcutá)

SUMÁRIO

RESUMO.....11
ABSTRACT.....13
1 INTRODUÇÃO.....15
Referências.....34
2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE ESPÉCIES POTENCIAIS PARA APLICAÇÃO EM TESTES VISANDO O CONTROLE DE EROSÃO PARA RESTAURAÇÃO DE MARGENS DE CORPOS HÍDRICOS.....41
Resumo.....41
Abstract.....42
2.1 Introdução.....43
2.2 Material e Métodos.....52
2.3 Resultados e Discussão.....70
2.4 Considerações Finais.....154
2.5 Conclusões.....158
Referências.....159
3 POTENCIAL DE GERMINAÇÃO E PRODUÇÃO DE MUDAS EM VIVEIRO DE SETE ESPÉCIES SUBARBUSTIVAS E ARBUSTIVAS NATIVAS.....177
Resumo.....177
Abstract.....177
3.1 Introdução.....178
3.2 Material e Métodos.....183
3.3 Resultados e Discussão.....187
3.4 Considerações Finais.....209
3.5 Conclusões.....210
Referências.....211
4 DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE OITO ESPÉCIES HERBÁCEAS, ARBUSTIVAS E LIANA NATIVAS SUBMETIDAS A CONDIÇÕES DISTINTAS DE SATURAÇÃO HÍDRICA DO SUBSTRATO.....214
Resumo.....214
Abstract.....215
4.1 Introdução.....215

4.2 Material e Métodos.....219
4.3 Resultados e Discussão.....222
4.4 Considerações Finais.....240
4.5 Conclusões.....245
Referências.....245
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....250
GLOSSÁRIO.....263
ANEXOS.....268

RESUMO

Potencial de contribuição de espécies nativas de hábitos distintos para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos

Espécies nativas de hábitos herbáceo, subarbustivo, arbustivo e liana de rápido crescimento podem exercer papel importante em práticas visando o controle de erosão para a restauração de margens de corpos hídricos, principalmente onde a regeneração natural é mais difícil, em áreas muito perturbadas, onde a declividade do terreno é mais acentuada e os processos erosivos em diques marginais são mais intensos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de aplicação de espécies nativas de diferentes hábitos em testes visando o controle de erosão para restauração de margens de corpos hídricos. No cap.2 foram propostos alguns critérios de seleção de espécies, com sugestão de estrutura metodológica identificando algumas "características/atributos" e "funções", bem como avaliação preliminar de 43 táxons no contexto da região de estudo. Complementarmente, foram montados alguns experimentos expeditos: cap.3: Avaliação do potencial de germinação e produção de mudas em viveiro a partir de sementes coletadas de 07 espécies nativas subarbustivas e arbustivas (citado no cap.2: "potencial de propagação"); e cap.4: Avaliação do desenvolvimento de 08 espécies herbáceas, arbustivas e liana, após submeter o sistema radicular destas a condições distintas de saturação hídrica do substrato (citado no cap.2: "ambiente de ocorrência das espécies"). Dentre os 43 táxons: 35 apresentaram características morfológicas do sistema aéreo de interesse para aplicação em experimentos visando o controle de processos erosivos, sendo: 22 de origem pluvial para proteção superficial e subsuperficial de diques marginais, outros 11 de origem fluvial e também pluvial (por meio de barreiras ou faixas vegetais em combinação com os demais tipos) para a proteção da base e bordas de diques marginais; 31 para experimentos visando a recuperação do solo: 10 leguminosas nodulíferas, 21 para cobertura e retenção de umidade; 31 para *input* de matéria orgânica; e 20 visando a recuperação de diversidade fornecendo recursos para a fauna (cap.2). Dentre 07 espécies avaliadas, a maioria demonstrou potencial para germinação e formação de mudas em de viveiro: 06 apresentaram tolerância ao armazenamento (24-28 meses); 02 conseguiram germinar naturalmente em viveiro em até 14 dias, com elevados percentuais de germinação e preferência por períodos mais quentes do ano para germinar, enquanto outras 02 foram mais lentas (30-60 dias); 03 espécies demonstraram requerer tratamento pré-germinativo para a quebra de dormência tegumentar (cap.3). Para 08 espécies verificaram-se 05 padrões quanto a preferências hídricas. Os resultados quanto ao desenvolvimento de biomassa nos tratamentos corroboraram com grande parte das observações em campo (cap.4). Recomenda-se a realização de estudos que elucidem o papel funcional de espécies nativas de hábitos distintos, identificando e mensurando características e/ou atributos que lhes possibilitam conter fluxos hídricos, desagregação e transporte de sedimentos, sendo os serviços ecossistêmicos de proteção do solo e controle de erosão um primeiro passo para etapas seguintes da restauração.

Palavras-chave: Critérios de seleção; Características e funções das espécies; Hábito de crescimento e morfologia; Serviços ecossistêmicos; Diques marginais

ABSTRACT

Potential contribution of native species of different habits for erosion controlling and restoration of water body margins

Native species of herbaceous habits, subshrub, shrub and liana of rapid growth may play an important role in practices aimed at controlling erosion to restore margins of water bodies, especially where natural regeneration is more difficult, as well as in very disturbed areas, where slopes are steeper and where pluvial and fluvial erosion in river banks are more intense. Considering the lack of studies with this focus, this study had the aim of evaluating the potential application of native species of different habits in tests for controlling erosion and restoring water body margins. In chapter 2 some species selection criteria were suggested as well as methodological framework identifying some "characteristics / attributes" and "functions" besides a preliminary evaluation of 43 taxa in the context of the study region. Additionally, some expeditious experimental work was done: chapter 3: Potential for germination and seedling production in the nursery with seeds collected from 07 native subshrubs and shrubs species (referring to "propagation potential" quoted in chapter 2) and chapter 4: Development of 08 species: subshrub, shrub and liana, after conditioning the root system of these plants through different conditions of substrate water saturation(referring to "environment of species occurrence" quoted in chapter 2). Among the 43 taxa: 35 showed morphological aerial or shoot system characteristics which were of interest for application in erosion control experiments, 22 of pluvial origin, for surface and subsurface river bank protection (and slopes), 11 others had fluvial and pluvial origin(through barriers or vegetable strips in combination with other types) to protect the base and edges of river banks (and slopes); 31 for soil recovering experiments, distributed as follows: 10 nodulating Fabaceae species, 21 to provide coverage and moisture retention, 31 to organic matter input; 21 for diversity recovering experiments, to supply resources for wildlife (chapter 2). Among the 07 species assessed, most of them demonstrated germination potential as well as potential for seedling formation in the nursery: 06 tolerated storage (24-28 months), 02 were able to germinate naturally in the nursery within 14 days with high germination rates and preference for warmer periods of the year to germinate, while the other 02 were slower (30-60 days); 03 species required pre germination treatments for breaking cutaneous dormancy (chapter 3). For 08 species 05 patterns of hydric preferences were observed. The results for biomass development along the treatments corroborate withgreat part of the field observations (chapter 4). In the future we recommend that studies to elucidate the functional role of native species of different habits be carried out, they should identify and measure features and / or attributes that enable the plants to contain hydric flows, sediment transport and retention. These ecosystem services of soil protection and erosion control are the first step towards next restoration stages.

Keywords: Selection criteria, Characteristics and functions of species; Growth habit and morphology, Ecosystems services; River banks

1 INTRODUÇÃO

Processos erosivos e degradação do solo

A ocupação desordenada e o uso inadequado do solo, assim como a construção de obras de grande vulto como de reservatórios hidrelétricos, têm provocado degradação generalizada do solo e afeta consideravelmente os corpos hídricos. A conservação e restauração da cobertura vegetal nativa não somente nas margens de corpos hídricos, mas no âmbito da bacia hidrográfica como um todo são fundamentais para a contenção de processos erosivos e assoreamento de rios e reservatórios. No Brasil faltam políticas e planejamento ambiental para tratar de maneira integrada a conservação da cobertura vegetal, do solo e da água.

Segundo Van Dersal, 1939 (apud ESTADOS UNIDOS, 2006), os processos erosivos superficiais se iniciam com a remoção da vegetação, sendo que o tipo e a densidade da cobertura vegetal em combinação com a intensidade da chuva são os fatores que mais influenciam o *runoff* e o processo erosivo, além do tipo de solo e a declividade da encosta, ou seja, escarpas, encostas íngremes e diques marginais de corpos hídricos sem vegetação são mais susceptíveis ao processo erosivo. O processo erosivo mais comumente observado ocorre na superfície do solo, com a desagregação, remoção e transporte de partículas do *topsoil* ou camada superior do solo para porções inferiores do terreno, em direção aos corpos hídricos, expondo camadas subsuperficiais. Enquanto nos ambientes temperados as causas mais comuns são as chuvas e os ventos, nos ambientes tropicais as chuvas são os agentes principais, ocorrendo com maior intensidade e frequência.

O processo erosivo superficial pode ser laminar, formar sulcos de diferentes profundidades e até formar ravinamentos, abrindo cortes profundos no solo. Enquanto a erosão superficial (laminar e em sulcos rasos) tende a ser lenta e discreta, porém ampla e contínua, a erosão em profundidade (sulcos profundos e formação de voçorocas) tende a concentrar energia em determinadas pontos ou trajetos, em decorrência de formação de fluxos concentrados.

A erosão do solo pode ser causada ainda por fatores hidrológicos, pelo fluxo e/ou vazão dos cursos d'água, o qual remove, transporta e acumula sedimentos ao longo de seus trajetos, afetando diretamente suas margens, conhecida como erosão fluvial. E, conforme a configuração do terreno, tipo de solo e fluxo hídrico, mais ou

menos volumes de solo das margens podem ficar expostos a processos de desestruturação e solapamento.

A erosão de diques marginais é um processo geomorfológico natural que ocorre durante ou logo após inundações periódicas. Os diques marginais são zonas de transição, limítrofes ou ecótones entre os ecossistemas aquáticos e terrestres que frequentemente sofrem mudanças sob condições naturais da dinâmica hidrológica (FLORSHEIM, 2008). Esse tipo de processo erosivo ocorre naturalmente, tanto pelo desgaste lento e gradativo dos diques marginais, que possibilita às espécies vegetais a regeneração natural, como ser mais dinâmico, exigindo maior adaptação das espécies às oscilações e intensidade dos fluxos hídricos, podendo ser agravado pela sobreposição de fatores antropogêncos.

Gonçalves et al. (2003) expõem que a degradação física do solo se manifesta pela redução da sua profundidade, pela remoção das suas camadas superficiais, e pela perda de qualidade na sua estrutura. No caso da degradação química do solo, há uma queda de sua fertilidade ocasionada pela redução dos teores e da qualidade da matéria orgânica, e pela redução dos teores de macro e micronutrientes, havendo comumente aumento dos teores de Mn e Al devido ao abaixamento do pH.

Para BROWN e LUGO (1994) solos degradados são aqueles que não mais possuem a capacidade de repor as perdas de matéria orgânica, nutrientes, biomassa, estoque de propágulos etc.

Segundo Casagrande e Reis-Duarte (2006) e Soaraes e Casagrande (2013) a avaliação quanto o estado de degradação do componente solo diz respeito à sua condição química, física e biológica, abrangendo acidez, matéria orgânica, riqueza de nutrientes (macro e micro), capacidade de retenção de cátions, compactação, porosidade, estrutura, infiltração e retenção de água, erosão, microbiologia do solo, etc. A recuperação da capacidade de produção vegetal do solo depende da adequação de propriedades de ordem qualitativa, com o propósito de recuperar o potencial de produção, que tem na capacidade de retenção de cátions (CTC) e água seus principais componentes, e quantitativa, para repor os nutrientes com teores deficientes ou reduzir níveis de elementos tóxicos que limitam o desenvolvimento da vegetação.

Recuperação do solo

Casagrande e Reis-Duarte (2006; SOARAES; CASAGRANDE, 2013) sugerem que o modelo de recuperação de áreas degradadas deverá recompor o potencial de produção vegetal do solo, repondo principalmente a matéria orgânica, e também os nutrientes necessários à exploração de um maior volume de solo pelo aprofundamento do sistema radicular. Com a reposição da matéria orgânica, a capacidade de retenção de água do solo também deverá ser recuperada. Propriedades como o volume e a distribuição dos macro e microporos têm grande influência na elongação das raízes das plantas, assim como no armazenamento e movimentação de água, ar e calor do solo. A matéria orgânica presente no solo é considerada como ponto chave, pois desempenha funções básicas no solo, sendo sensível às práticas de manejo, principalmente nas regiões tropicais e subtropicais. Muitos atributos do solo têm estreita relação com a matéria orgânica: estabilidade dos agregados e da estrutura (agente cimentante), infiltração e retenção de água (porosidade), resistência à erosão (agente cimentante), atividade/diversificação biológica (substrato), capacidade de troca de cátions/lixiviação de nutrientes (CTC) e disponibilidade de nutrientes (composição). Sob vegetação natural o conteúdo de matéria orgânica do solo é estável, sendo a diminuição do seu teor um dos principais fatores indicativos de degradação. A matéria orgânica também funciona como fonte de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e enxofre e micronutrientes, além de diminuir a toxidez de poluentes. A vegetação tem grande influência sobre a biomassa e atividade microbiana, já que o maior retorno de resíduos vegetais resulta na elevação do teor de matéria orgânica do solo e, conseqüentemente, em maior atividade microbiana, tornando o ambiente edáfico mais adequado aos microrganismos devido aos efeitos de umidade, temperatura, agregação e conteúdo de nutrientes (CASAGRANDE; REIS-DUARTE, 2006; SOARAES; CASAGRANDE, 2013). O princípio a nortear a restauração a recuperação do solo quanto à fertilidade e outros atributos do solo é restabelecer suas funções de modo a propiciar condições iniciais adequadas para a revegetação. A principal e mais difícil recuperação a ser feita no solo degradado é qualitativa e diz respeito ao seu potencial para o desenvolvimento da vegetação, englobando retenção de água e nutrientes. Os atributos qualitativos e quantitativos do solo estão presentes em suas

propriedades químicas e físicas, além das microbiológicas (CASAGRANDE et al., 2002; SOARAES; CASAGRANDE, 2013).

Restauração ecológica de ecossistemas e controle de processos erosivos

As intervenções para a restauração de ecossistemas degradados podem ser feitas com diferentes objetivos, iniciando com uma avaliação das condições da área. Leva-se em conta os fatores de degradação, a resiliência ou o potencial auto-regenerativo das áreas, obtido pelo histórico de uso, existência e proximidade de remanescentes florestais como fonte de propágulos, tipo de manejo e cobertura da área, topografia, relevo, umidade e conservação do solo e o contexto regional no qual a área a ser recuperada esta inserida (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000; RODRIGUES, 2002). Kageyama e Gandara (1994) observaram que a ocorrência de tais situações determinará o grau de intervenção e o sistema a ser adotado, indicando as seguintes intervenções: condução da regeneração natural, plantio direto e a implantação de espécies arbustivo-arbóreas nativas regionais. Rodrigues e Gandolfi (2000) sugerem em alguns casos, quando possível, a transferência de propágulos alóctones (serapilheira e banco de sementes) e implantação de consórcios de espécies com uso de mudas e sementes.

A restauração de áreas degradadas deve levar em conta os componentes do sistema solo-planta-atmosfera buscando uma recuperação integrada dos processos biológicos: solo (fertilidade, física, biota, ciclagem de nutrientes etc); planta (botânica, fisiologia, interações com animais, etc) e atmosfera (climatologia, física ambiental etc). A escolha de uma ou várias ações que busquem a restauração ecológica do ecossistema, deve levar em conta dois principais aspectos: a resiliência da própria área a ser recuperada (presença de remanescentes florestais, formação de origem, histórico de degradação, tipo de manejo e cobertura atual da área, topografia, relevo, umidade e conservação do solo, etc) e o contexto regional no qual a área a ser recuperada esta inserida (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000). Para esses autores, as características regionais facilitarão a definição das ações que deverão ser adotadas na proposta de recuperação. Baseando-se nestas considerações, algumas propostas de ações aplicadas na restauração de áreas com objetivo de restabelecer os processos ecológicos e a sustentabilidade encontrada nos ecossistemas são apresentadas por Rodrigues e Gandolfi (2000), e Rodrigues

(2006): isolamento da área; retirada dos fatores de degradação; correção do solo e adubação; eliminação seletiva ou desbaste de espécies competidoras; uso de mudas ou sementes para o adensamento, enriquecimento e implantação de consórcio de espécies; indução e condução de propágulos autóctones; transferência ou transporte de propágulos alóctones; implantação de espécies pioneiras atrativas da fauna; implantação de zona tampão.

Para o sucesso na restauração é necessário utilizar princípios ecológicos para nortear os métodos e modelos de restauração. Dentre estes conhecimentos encontram-se a florística, fitossociologia, estrutura e dinâmica de populações, auto-ecologia e biologia das espécies. Incluem-se também aspectos silviculturais, por meio de coleta de sementes, produção de mudas e procedimentos em plantios (FONSECA et al., 2001; GONÇALVES et al., 2005). Dentre os modelos utilizados na recuperação em formações florestais tropicais podem ser citados o plantio ao acaso, o plantio heterogêneo, a sucessão ecológica, a transposição de solo, os poleiros artificiais, o enleiramento de galharia (REIS et al., 2003; BECHARA 2006), a semeadura direta ou hidrossemeadura, e ilhas de diversidade.

Com a atualização dos referenciais teóricos, passou-se a embasar a ecologia de restauração a partir de novas informações, análises e discussões, construindo-se o paradigma contemporâneo ou “paradigma do não equilíbrio” (PARKER, 1997). Nesse novo contexto, as mudanças sucessionais da vegetação podem ocorrer seguindo múltiplas trajetórias, sem a obrigatoriamente de convergência a um “único ponto clímax ideal” (YOUNG 2000). A incorporação desse novo referencial e o acúmulo de experiências determinaram a reformulação das metodologias de restauração, para enfocar a restauração dos processos que levam à construção de uma comunidade funcional. Outras possibilidades como a resiliência ecológica foram consideradas como ações de restauração, como a possibilidade da chegada de propágulos da vizinhança, a presença de regenerantes naturais na área degradada, etc. (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000).

Em geral os modelos de restauração envolvem levantamentos florísticos e fitossociológicos prévios, bem como estudos da biologia reprodutiva e da ecofisiologia das espécies e de seu comportamento em bancos de sementes, em viveiros e em campo, o que, em conjunto com um melhor conhecimento de solos,

microclimas, sucessão secundária e fitogeografia, deve favorecer a auto-renovação da floresta implantada (BARBOSA, 1993; DURIGAN et al., 2001), o que pode facilitar a forma de recuperação. A recuperação da vegetação é o ponto de partida e pré-requisito obrigatório para a restauração de ecossistemas pelo papel que tem na estabilização do terreno, manutenção do microclima local, influência na quantidade e qualidade de água, abrigo para fauna entre outros. Embora atualmente haja considerável conhecimento acumulado sobre diversos tipos florestais no que se refere à composição e estrutura, ainda há grandes lacunas sobre o conhecimento de outras formas de vida (lianas, epífitas, herbáceas, etc.) e mesmo entre as espécies arbóreas faltam informações acerca da biologia das espécies, genética de populações, fisiologia, interações com outras populações. Estas novas áreas de investigação deverão aprimorar as técnicas e métodos de restauração.

Segundo Dorner (2002), são vários os benefícios que a vegetação oferece para prevenir a erosão, pois, suas raízes estabilizam e ancoram o solo e a planta viva associada à serapilheira aumenta a capacidade do solo de absorção de umidade. Entretanto, até que as novas plantas das práticas de restauração possam se estabelecer, a erosão do solo exposto pode ser um problema. Uma forma mais simples e de menor custo para prevenir a erosão durante o período para estabelecimento das novas plantas seria o uso de *mulch* desprovido de invasoras, especialmente em zonas de declive. Além de proteger as sementes e plântulas contra a chuva e ovento, reduz a perda de umidade em períodos secos. Outras recomendações incluem: aplicação de zonas tampão ou cordões vegetais formando filtros; desvio do escoamento hídrico superficial de solos degradados; plantio de gramíneas nativas ao longo de canais de drenagem para reduzir o *runoff*; plantio de cobertura vegetal de espécies anuais em locais que permanecerão expostos durante o período chuvoso.

Se uma comunidade de plantas nativas está para ser reestabelecida em uma área degradada, os padrões de distúrbio que irão pressionar estas plantas deverão ser eliminados ao máximo. Assim, é importante entender qual foi o histórico de degradação da área (espécies invasoras, fogo, alagamento, pastejo, fragmentação de ecossistemas, contaminação química, tempestades, etc.) quais os possíveis problemas que podem ocorrer no futuro e que poderão afetar o equilíbrio ecológico

dos novos plantios, assim como o que deverá ser feito para manter a comunidade ecológica pretendida (DORNER, 2002).

O efeito das plantas para conter os procesos erosivos pode ser decisivo para a proteção em longo prazo em ecossistemas degradados, sendo que a identificação das características e dos aspectos funcionais que possibilitam reconhecer nas espécies sua capacidade para controlar a erosão é de fundamental importância para a restauração ecológica (BURYLO et al., 2012a). As características funcionais das plantas relacionadas com a eficiência das espécies ao controle de erosão são ferramentas úteis inclusive para a melhoria dos diagnósticos quanto à vulnerabilidade do terreno à erosão, resistência da comunidade vegetal e predição do funcionamento do ecossistema após aplicação de práticas de restauração

Phillips e Marden (2005), com foco na conservação de biodiversidade e melhoria na qualidade dos recursos hídricos, realizaram uma revisão de trabalhos sobre o uso de espécies nativas da Nova Zelândia para controle de erosão e sedimentação, discutindo sobre o que torna uma planta útil em relação ao desempenho e efetividade tanto de plantas individualmente, como de sistemas por ela formados. Até então, os dados eram aparentemente restritos a algumas poucas espécies e a períodos curtos de práticas de bioengenharia de solos, originados de trabalhos de construtoras (estradas) e mineradoras, e, somente numa etapa seguinte é que o aspecto funcional das plantas passou a ser mais reconhecido.

Diversidade de estudos sobre a influência da morfologia do sistemas aéreo para o controle de erosão

De acordo com Sanchez e Puigdefabregas (1994), a morfologia e arquitetura de touceiras da gramínea *Stipa tenacissima*, assim como a sua microtopografia associada têm sido descrita em vários sítios no sul da Espanha, onde as chuvas anuais atingem 225 e 275 mm, e os percentuais de cobertura vegetal variam de 20 a 45%. Os resultados mostram que a formação de montículos ou camalhões microtopográficos são interpretados como corpos de deposição originados da interceptação de sedimento deslocado encosta abaixo pelo padrão de cobertura vegetal. A arquitetura da touceira mostra uma zona externa de crescimento, uma zona mediana madura e uma zona central senescente. Um modelo de simulação simples foi construído a partir das observações de campo, o qual prevê que em

situações de baixa densidade as moitas se tornam instáveis e colapsam, e quando em densidade mais elevada e formada por plantas vigorosas, a retenção de sedimentos ocorre, sendo que sua importância depende do impacto das gotas de chuva e o fator *splash* correspondente.

Kiepe (1995) estudou os efeitos de barreiras vegetais formadas por *Cassia siamea* (syn. *Senna siamea*) juntamente com milho (*Zea mays*, cv. Katumani composite B) e feijão *cowpea* (*Vigna unguiculata*, cv. K 80), plantados em sequência nas propriedades físicas do solo, verificando que eram mais efetivas que a aplicação de *mulching* no controle de perda de solo por *runoff*. Verificou que a combinação de ambas as técnicas proporcionavam os melhores resultados, porque tanto a desagregação como o transporte de sedimentos eram controlados, e os resultados ainda melhores quando associadas a medidas de conservação do solo (construção de bancos e valas). De acordo com Estados Unidos (1997), barreiras vegetais normalmente são faixas estreitas de até 01 metro de largura plantadas em zonas de declive, perpendiculares à encosta dominante. Seu propósito principal é retardar a velocidade e reduzir superfície de escoamento, promovendo a retenção e a infiltração hídrica e inibição ou dispersão do fluxo concentrado, prevenindo o desenvolvimento de ravinamentos e formação de voçorocas. Os benefícios secundários possíveis ao longo do tempo incluem a retenção e deposição de sedimentos provenientes de áreas adjacentes, redução da perda de solo e formação de bancos ou terraços (*benching*) em declives acentuados (MEYER et al., 1995; AASE; PIKUL, 1995). Os autores aconselham que esta prática seja aplicada em conjunto com outras práticas em um sistema de conservação e manejo do solo. Neste caso, práticas de manejo do solo ou medidas estruturais de captação e drenagem da água pluvial para controle do escoamento da água e sedimentos muitas vezes são necessárias para tornar efetiva a contribuição das barreiras vegetais.

González-Hidalgo et al. (1997) analisaram a relação empírica entre a cobertura vegetal (fator de cobertura) e a curva da taxa de sedimentação em dois sítios no semi-árido Mediterrâneo (Espanha). A comparação dos valores das equações mostrou uma diferença significativa entre a herbácea *Rosmarinus officinalis* e a associação entre liquens e outra herbácea *Lygeum spartum*. A hipótese dos autores foi a de que tanto a arquitetura da planta individualmente como a associação de

plantas poderia exercer papel chave no amortecimento da chuva por meio do escorrimento pelo caule e penetração pela copa, que por sua vez influenciaria a ação erosiva da água.

Bochet et al. (1998) estudou a eficiência relativa de três espécies (subarbustos *Rosmarinus officinalis*, L. e *Anthyllis cytisoides*, L. e gramínea *Stipa tenacissima*, L.) com morfologias distintas para a redução da erosão hídrica em microescala (escala da planta), nas encostas da região do Mediterrêneo sob clima semi-árido, onde a chuva é escassa, mas de intensidade elevada. A cobertura vegetal (matorral), embora pouco densa, proporciona proteção essencial ao solo contra a erosividade da chuva e reduz consideravelmente as taxas de erosão. A proteção mecânica contra a desagregação do solo pelas gotas de chuva e a melhoria nas propriedades do solo proporcionada pela influência biológica da planta isoladamente foi comparada entre as três espécies. A quantificação das taxas de erosão entre sulcos e erosão causada pelo impacto das gotas de chuva (*splash erosion*) sob condições naturais de chuva foi obtida utilizando-se microplots de plantas individualmente e copos splash alocados em diferentes distâncias do eixo da planta, respectivamente. Os resultados mostraram que as três espécies reduziram o *runoff* e perda de solo de maneiras distintas. O "*efeito screen*" observado da copa densa de *Stipa tenacissima,* conteve a erosividade da chuva e reduziu a erosão por *splash*. Entretanto, no caso de *Rosmarinus officinalis*, em adição à proteção mecânica oferecida por sua copa e camada de serapilheira, esta melhora também a estrutura do *topsoil* pela incorporação da matéria orgânica abaixo sob sua copa. No caso de *Anthyllis cytisoides*, que é decíduo, promove pouca proteção física contra o impacto da gota de chuva na superfície do solo.

Foot e Morgan (2005) cunduziram um experimento em laboratório para descrever os efeitos da arquitetura da planta na desagregação das partículas de solo pela chuva. Os efeitos da inclinação e orientação da folha, érea efetiva da copa, índice de área foliar, área de subcaptação da folha, área da copa inferior, área da copa maior, área de sobreposição da copa e um índice alternativo de área foliar foram examinados utilizando plantas artificiais. A desagregação a partir de 30 cm de diâmetro de *splash* em um copo preenchido com areia (partículas de tamanho 150 µm–1 mm) foi medida sob três tipos de plantas (folhas pequenas, folhas largas e folhas estreitas e longas) por 10 minutos de simulação de temporal de chuva de 75

mm/h de intensidade. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa na desagregação sob os três tipos de plantas, e que não houve relação significativa entre a desagregação e os parâmetros das três plantas. Segundo os autores, a desagregação de partículas de solo pela chuva após a interceptação pelas folhas pode amortizar os efeitos de proteção da copa, de modo que a desagregação não diferiu significativamente do solo exposto. Os autores não verificaram vantagens na descrição detalhada da arquitetura da planta e dos seus efeitos nos modelos de erosão do solo, afirmando que parâmetros tais como altura da planta e área da copa sejam descritores suficientes para modelar os efeitos das plantas. Questiona-se, porém, se o experimento com uso de areia tenha sido adequado para se chegar a estas conclusões, já que esta fica consideravelmente pesada ao ser molhada.

Utilizando um simulador de chuva, Zhou e Shangguan (2008) conduziram uma série de experimentos para comparar os efeitos do sistema aéreo e radicular da gramínea *Lolium perenne* L. na redução do *runoff* e produção de sedimentos. Os resultados indicaram que durante a estação chuvosa houve tanto a redução do runoff (r2 = 0.946) como da e produção de sedimentos (r2 = 0.999) ao longo do tempo. Os autores verificaram que o sistema aéreo contribuiu mais para a redução do *runoff* que as raízes, enquanto que as raízes contribuíram com até 96% para a redução na produção de sedimentos no final da estação chuvosa.

XU et al. (2009) selecionaram três espécies com morfologias contrastantes para examinar os efeitos da morfologia da planta na qualidade do solo, *runoff* e perda de solo em uma encosta no vale do alto rio Minjiang, Sudoeste da China. Os eventos de *runoff* foram monitorados utilizando parcelas de *runoff* em microescala. A profundidade do *runoff* e a perda de solo ocorreu conforme diferenças nas características da chuva, planta e superfície do solo. Em relação à superfície exposta do tratamento controle, a efetividade na redução da profundidade do *runoff* por evento foi 64.9, 66.6 e 38.0%, e a redução de perda do solo 65.5, 59.3 e 69.9% para *A. gmelinii* (herbácea), *A. potaninii* (arbusto), e *P. chrysantha* (herbácea), respectivamente. As três espécies podem melhorar a qualidade do solo e reduzir o *runoff* e a perda de solo, mas seus efeitos variam, indicando que a morfologia deve ser considerada na fase de seleção de espécies para a restauração de ecossistemas.

STOKES et al. (2010) examinaram experiências de aplicação da bio- e eco-engenharia na China, devido ao aumento nas práticas agrícolas inadequadas, desmatamentos, construções de estradas e barragens nos últimos 50 anos. Os autores focaram em estudos nos quais a vegetação era utilizada em conjunto com a engenharia civil (bio- e eco-engenharia de solos) para a prevenção de escorregamentos, bem como os aspectos práticos do plantio em larga escala em encostas íngremes para a conservação do solo. Eles discutem os sucessos e falhas nos plantios de arbóreas e o manejo florestal, as prioridades para a pesquisa e aplicações práticas, incluindo-se metodologias e aplicações do uso da vegetação para fixar solos em encostas susceptíveis a escorregamentos e processos erosivos.

Segundo (BURYLO et al., 2012a**)**, os aspectos funcionais que influenciam e prevêem a abilidade da espécie para a retenção ou captura de sedimentos é de grande interesse, especialmente para melhorar o manejo e restauração de sítios degradados A capacidade de reter sedimento (RTS) de quatro espécies morfologicamente contrastantes: a herbácea *Lavandula angustifolia*, a arbustivo-arbórea *Buxus sempervirens,* a conífera e também arbustivo-arbórea *Juniperus communis* e outra conífera arbórea de grande porte *Pinus nigra*, foram investigadas em tanques de experimentação por esses autores. Seis características funcionais como ramos, folhas e a morfologia da plântula como um todo foram mensuradas. Foram feitas análises para comparar a eficiência das espécies na retenção de sedimentos e identificar a sua relação com as características das espécies. A capacidade de retenção de sedimento (RTS) na porção superior da encosta foi maior para *Lavandula* e menor para *Juniperus*. A análise de componente principal mostrou que o RTS foi melhor correlacionado com a densidade da copa, descrita pela biomassa da planta e superfície foliar por unidade de volume da planta. Em menor proporção, a superfície foliar e o arredondamento da planta também foram positivamente relacionados ao RTS. Eles concluíram que o preenchimento da copa, a morfologia da folha e a forma da planta influenciam a retenção de sedimento pelas plantas, e que tais conhecimentos podem melhorar o diagnóstico da vulnerabilidade do terreno à erosão e tornar mais previsível o funcionamento do ecossistema após a restauração ecológica.

Para estimar a influência das características da arquitetura da planta na erosividade da precipitação, Geissler et al. 2012 estudaram a energia cinética (KE)

da precipitação interceptada pela copa e a que flui pelo caule sob plântulas de 4 espécies arbóreas pioneiras abundantes nas florestas subtropicais da China, pertencentes a grupos funcionais distintos (2 decíduas: (*Quercus serrata* var. brevipetiolata e *Castanea henryi* (Skan) Rehd. et Wils, e 2 sempre-verdes: *Schima superba* Gardn. et Champ. e *Elaeocarpus decipiens* Hemsley). As análises da energia cinética (KE) da precipitação direta e da precipitação interceptada foram baseadas em mensurações utilizando-se recipientes para análise do "*efeito splash*" previamente calibrados. As principais características da arquitetura foram medidas para caracterizar a morfologia da plântula. Em ambos os modelos a KE da precipitação foi identificada como o efeito mais importante na KE da precipitação interceptada.

Diversidade de estudos relacionando a morfologia do sistema radicular com o controle de erosão e a estabilidade do solo

A vegetação desde muito tempo tem sido reconhecida por proteger o solo dos processos erosivos. A compreensão das diferenças entre as espécies quanto à morfologia do sistema radicular é um passo importante sobre o que a planta ou uma combinação destas pode oferecer para controlar a erosão. E, identificar os tipos funcionais de plantas (PFTs), conforme as características do sistema radicular pode ser um procedimento útil no entendimento das funções das raízes (POHL et al., 2011). Os mesmos autores levantaram dados relativos às características das espécies vegetais, tais como a altura da planta e biomassa de ramos, profundidade das raízes, expansão lateral das raízes, comprimento das raízes, diâmetro, força de tensão, idade da planta e biomassa das raízes de um sítio perturbado nos alpes suíços. A aplicabilidade de três classificações de tipos funcionais de plantas (PFTs), tais como forma de vida, forma de crescimento e tipo de raíz foram examinados. Todas as classificações de PFTs foram úteis para categorizar as características das plantas, embora os PFTs quanto ao tipo de raiz conseguiu explicar bem melhor o comprimento total da raíz do que os outros PFTs. Os resultados do estudo ilustram diferenças consideráveis nas características das raízes, algumas das quais não podem ser acessadas por simples inspeção morfológica, tais como a força de tensão. A classificação do PFT baseada nas características das raízes parece ser

útil para categorizar as características das plantas embora alguns padrões fossem mais bem explicados no nível de cada espécie individualmente.

Waisel et al. (2002) fizeram uma revisão de estudos sobre o sistema radicular das plantas e suas interações com o ambiente, que inclui também a origem, características, estrutura e desenvolvimento, aspectos fisiológicos como regulação do crescimento e crescimento sob estresse, interações com a rizosfera, grupos ecológicos, além de técnicas de estudo.

Dupuy et al. (2005) investigaram numericamente a influência do tipo de solo e a arquitetura do sistema radicular na ancoragem da árvore no solo.

Norman et al., 1995 estudaram os efeitos do ângulo de uma encosta na movimentação de massa do devido ao desenraizamento de espécies arbóreas.

Gyssels et al. (2005) fizeram uma revisão de trabalhos relacionados aos efeitos das raízes das plantas na resistência dos solos à erosão hídrica.

GUERRERO-CAMPO (2006) conduziram um estudo comparativo das variáveis morfológicas das raízes de 123 espécies de plantas vasculares mais comuns em áreas erodidas do Nordeste da Espanha. Foram tomadas medidas após escavações do comprimento máximo das raízes, diâmetro basal absoluto e relativo das raízes, comprimento específico das raízes (SRL) e a razão entre a profundidade das raízes e a expansão lateral das raízes. Eles verificaram para um grande número de indivíduos em muitos ambientes erodidos e sedimentados que as espécies com raízes pitvotantes mais profundas e espessas tenderam a ter capacidade de brotar, enquanto aquelas com raízes principais mais finas, fasciculadas e longas (que geralmente se espalham lateralmente) tenderam a ter capacidade de enraizar a partir dos ramos. A habilidade quanto ao desenvolvimento vegetativo das raízes e/ou ramos das plantas pode representar vantagem em zonas de maior declividade sofrendo processos erosivos. Entretanto, de acordo com os resultados, os autores concluíram que tais habilidades poderiam ser funcionalmente viáveis apenas em morfologias mais restritas do sistema radicular.

Danjon e Reubens (2008) revisaram métodos de mensuração e análise da arquitetura tridimensional de sistemas radiculares lenhosos, apresentando técnicas e

exemplificando possíveis aplicações em campo por meio do uso de escaners e digitalização semi-automática de raízes mais espessas.

De Baets et al. (2008) estudaram, por meio de modelagem da arquitetura tridimensional do sistema radicular, sua relação com a estabilidade de taludes suaves. Eles fizeram também uma revisão sobre os mecanismos de estabilização de encostas suaves e controle dos processos erosivos pelas raízes, especialmente por suas características e feições. Embora vários métodos estejam disponíveis para mensurar em detalhe a arquitetura do sistema radicular, os quais normalmente demandam muito tempo, já é possível se fazer, segundo os autores, uma descrição detalhada da arquitetura 3D seguida de análise por meio de softwares, tal como o AMAPmod, que oferece a possibilidade de extrair informações relevantes da arquitetura de quase todo sistema radicular.

DANJON et al. (2008) disponibilizaram diversas ferramentas úteis para a determinação da contribuição do sistema radicular para o reforço do solo. A digitalização tridimensional *in situ* foi utilizada para se obter dados da arquitetura do sistema radicular de indivíduos adultos de *Quercus alba* em dois povoamentos florestais. Esses dados foram utilizados para alimentar um programa que desenvolve ferramentas de análise espacial da posição das raízes, topologia e geometria. A contribuição das raízes para o reforço do solo foi determinada por meio de um modelo de “limite de equilíbrio” para o cálculo da coesão adicional do solo, além do modelo de estabilidade de encostas (Slip4Ex) para o cálculo do fator de segurança (FOS). Os autores verificaram que a maior parte do reforço do solo pelas raízes ocorre próximo ao tronco da árvore e se concentra numa distância menor que 01 metro da árvore, e concluíram que em um povoamento florestal em uma encosta susceptível a escorregamentos, a fixação do solo pelas raízes pode ser mínima entre linhas uniformes de árvores devido aos deslizamentos locais, enquanto linhas alternadas de árvores aumentariam a estabilidade geral da encosta, já que as árvores forçariam o movimento descendente do solo.

Segundo Stokes et al. (2009), apesar dos modelos de estabilidade da encosta tradicionalmente utilizarem indicadores simples da estrutura do sistema radicular e força quando a vegetação é inclusa como um fator, outras características adicionais do sistema radicular deveriam ser consideradas ao lidar com o manejo da vegetação

em encostas para evitar a movimentação rasa de massa. Os autores estudaram como a arquitetura do sistema radicular influencia a estabilidade da encosta, considerando as dimensões espaciais e temporais das raízes no sistema, e discutem como as características das raízes mudam dependendo da ontogenia e clima e como são afetados pelo ambiente do solo local e os tipos de resposta expressada pela plasticidade planta.

Phillips e Czernin (2005) mensuraram as características do sistema radicular de *Cordyline australis*, uma espécie arbórea em diques marginais da Nova Zelândia, obtendo resistência à tração de 5.57 a 14.2 kN aos 8 anos, profundidade do sistema radicular de 1.75 a 2.00 m , expansão das raízes em 3.00 m, e biomassa de raízes incluindo-se o rizomas maior que 50 kg ou 38% da biomassa total da árvore, raízes finas de diâmetro 0.6– 3.8 mm com força de tensão media de 26.7 a 17.5 MPa aos 25 anos para aplicação na proteção de diques marginais nos rios. Porém, quando desenvolvida com outras espécies ribeirinhas nativas colonizadoras tais como *Phormium spp*., a proteção do dique marginal pode ser comparável, especialmente a margens de rios de baixa ordem com solos siltosos e baixa força hidrodinâmica.

Pollen - Bankhead e Simon (2010) estudaram raízes de espécies ribeirinhas, avalidando seus efeitos hidrológicos e hidráulicos para a estabilidade dos diques marginais. Segundo os autores, a compreensão do sistema radicular pode ser alcançada por meio da análise da sua arquitetura e classificação das raízes individualmente dentre os diversos tipos de raízes, sendo que a partir dos anos 90, novos equipamentos e técnicas não-invasivas ou não destrutivas foram sendo disponibilizadas, possibilitando a obtenção de imagens e reconstrução da geometria e topologia do sistema radicular em 3D por meio de procedimentos de modelagem e uso de softwares.

De acordo com PHILLIPS et al. (2011), as plantas vem sendo amplamente utilizadas para a conservação do solo, no controle e prevenção de erosão em encostas e diques marginais. Segundo os autores, as pesquisas têm mostrado que o reforço mecânico das raízes para a estabilidade do solo pode ser considerável. Utilizando dados do comprimento de raízes de árvores jovens e arbustos da Nova Zelândia, os autores desenvolveram um modelo que representasse a ocupação espacial das raízes de um sítio plantado e seu potencial de contribuição para o

reforço do solo, por meio do cálculo da área correspondente à superfície da raíz em contato com o solo, para obter um raio efetivo das raízes distribuídas sob o caule. O procedimento gera um conjunto de coeficientes para avaliar cada espécie em um determinado local, que pode ser utilizado para um modelo generalizado para predição da ocupação do sítio pelas raízes, que é tomado como uma aproximação de quando o reforço do solo é alcançado. Esta informação pode ser utilizada para acessar a efetividade de diferentes espécies consorciadas em planejamentos de plantio.

Mattia et al. (2005) avaliaram as características biotécnicas do sistema radicular e sua influência para a estabilização de encostas íngremes e por incrementar coesão ao solo de três espécies vegetais típicas da região do Mediterrâneo, cujas raízes foram coletadas no sul da Itália. O sistema radicular de cada espécie foi mensurado quanto à força de tensão e avaliado quanto à distribuição da densidade conforme a profundidade, em termos da RAR (razão da área da raíz). Os resultados foram utilizados para calcular os efeitos do reforço em termos do aumento na resistência do solo ao cisalhamento utilizando o modelo de Wu (1976 *apud* MATTIA et al., 2005) e Waldron (1977 *apud* MATTIA et al., 2005) com base na teoria de reforço da massa do solo. Os autores verificaram que o reforço do sistema radicular exercido por *L. spartum* (gramínea perene) foi maior que o de *P. lentiscus* e *A. halimus* (ambas arbutivas) nas camadas superficiais do solo, enquanto que *P. lentiscus* apresentou maiores valores de reforço em horizontes mais profundos. No caso de *A. halimus* os valores apresentados foram inferiores às outras duas espécies estudadas.

De acordo com De Baets et al. (2009), muitos estudos atribuem a redução da erosão do solo a efeitos proporcionados pela porção da biomassa vegetal que está acima do solo, havendo poucos estudos sobre os efeitos das raízes.Eles destacam a importância da biomassa do sistema radicular para conter processos erosivos causados por fluxo concentrado no contexto de regiões do Mediterrâneo devido ao fogo, secas e pastejos. De Baets et al. (2009) verificaram que as gramíneas *Stipa tenacissima* L. e *Lygeum spartum* L. e o arbusto *Salsola genistoides* Juss. Ex Poir foram considerados apropriados para conter a erosão em sulcos e ravinamentos. *Stipa tenacissima* pode ser utilizada ainda para revegetar terraços abandonados, por se adaptar a solos drenados e oferece boa proteção do solo para conter a erosão

causada por fluxo concentrado e movimentos rasos de massa do solo. *Lygeum spartum* pode ser utilizada para revegetar zonas de fluxo concentrado em escoadouros em processo de formação de voçorocas, para conter a sedimentação de canais. *Stipa tenacissima* e *Salsola genistoides* podem ser utilizadas para estabilizar encostas íngremes.

Burylo et al. (2012b) conduziram experimentos em tanques experimentais simulando o processo erosivo sob condições de fluxo concentrado para investigar os efeitos das raízes de 3 espécies com características ecológicas contrastantes provenientes de sítios erodidos nos alpes do sul da França (2 arbóreas: *Robinia pseudoacácia* e *Pinus nigra austriaca* e 01 gramínea: *Achnatherum calamagrostis*). Após mensuração de 10 características, incluindo-se a morfologia e biomecânica, foram conduzidas análises para identificar as características que determinam as funções do sistema radicular das plantas para o controle da erosão.

Considerações/ hipóteses do presente trabalho

A utilização de espécies nativas de pequeno porte e de rápido crescimento pode ser uma alternativa importante em práticas de restauração, principalmente nas fases iniciais e onde a declividade do terreno é mais acentuada, quando os processos erosivos são mais intensos, como comumente ocorre em margens de corpos hídricos. Entretanto, no Brasil, as práticas de recobrimento vegetal nas quais são utilizadas espécies de pequeno porte sempre estiveram mais associadas a práticas envolvendo obras de engenharia ou serviços jardinagem e paisagismo, e mais recentemente a técnicas agrícolas, com a utilização de plantas de cobertura que incluem adubos verdes, havendo em todos os casos a utilização predominante de espécies exóticas.

Mais especificamente no caso de margens de reservatórios e rios navegáveis, verifica-se a ocorrência de processos erosivos decorrentes da dinâmica hidrológica, devido ao embate de ondas, intensidade do fluxo e vazão, provocando o solapamento de margens. Um tratamento ecológico e paisagístico de margens com processo ativo de erosão, como nesses casos, pode requerer a elaboração em conjunto com a Engenharia de modelos e/ou aplicação de técnicas não convencionais, ou mais recentemente com a Bioengenharia de Solos, que conjuga

elementos vegetais com elementos estruturais (barreiras mecânicas) para a proteção e recuperação de margens de corpos hídricos. Surgem, assim, demandas por elementos vegetais com características morfológicas e anatômicas favoráveis, adaptações a condições de estresse, plasticidade ecológica, e que requer estudos sobre as características e adaptações de diferentes hábitos de crescimento e formas de vida.

Historicamente, as práticas em restauração priorozaram o hábito arbóreo, notando-se a falta de registros de implementação e desenvolvimento de estudos que propiciassem maior compreensão sobre o potencial de contribuição de espécies herbáceas, subarbustivas e arbustivas nativas. Como contribuições potenciais desses hábitos destacam-se o recobrimento e proteção superficial do solo de processos erosivos acelerados, descompactação e reestruturação do solo, *input* de matéria orgânica, retenção de água, nutrientes, possibilidade de competir com braquiárias e outras espécies exóticas invasoras, além do desenvolvimento de micro e mesofauna do solo.

Além disso, nas etapas iniciais da restauração, as espécies nativas pioneiras de hábitos herbáceo, arbustivo e arbustivo-arbóreo podem contribuir para reduzir determinados fatores de degradação do solo e fornecer condições mais apropriadas ao solo para que as espécies arbóreas não-pioneiras possam dar prosseguimento às etapas subseqüentes em condições mais favoráveis, evitando a perda de mudas de arbóreas nativas que não sobrevivem no campo devido às condições desfavoráveis do solo. É importante chamar atenção ainda para as dificuldades crescentes quanto à obtenção de propágulos de espécies arbóreas devido à fragmentação de ecossistemas.

Em áreas antropizados ou que já sofreram perturbações, torna-se importante conhecer a origem dos táxons, distinguindo as espécies nativas potenciais de possíveis espécies indesejáveis, como espécies exóticas invasoras. Uma vez determinado que uma planta é nativa de um determinado território no país, ela é excluída da lista nacional de exóticas, mesmo que haja ocorrência secundária em outras localidades do país. Uma planta nativa continua nativa mesmo se ocorrer apenas em hábitats secundários ou que sofreu distúrbios antrópicos. Consequentemente, o tipo de hábitat é uma importante característica do táxon,

embora não seja um critério de decisão quanto ao *status* de sua origem, podendo-se considerar a região de estudo como uma representação de uma determinada região (PRESTON et al., 2002 apud PYŠEK et al., 2004).

Apesar do amadurecimento nas teorias sobre restauração ecológica, verificam-se lacunas nos modelos de restauração para margens de corpos hídricos no Brasil, assim como a necessidade de maior interação com as ciências do meio físico e engenharias, incorporando a conservação do solo e o controle dos processos erosivos às metodologias de restauração. Devido à falta de interação entre as diferentes áreas do conhecimento, os estudos sobre controle de erosão e conservação dos solos têm sido tratadas separadamente das metodologias de restauração, dificultando um tratamento integrado e a busca de soluções conjuntas.

Nos diques marginais os processos erosivos normalmente apresentam causas múltiplas e nem sempre podem ser controlados por meio dos atuais modelos de restauração em que se utiliza apenas o hábito arbóreo. Conforme a zona ou local a ser revegetado, principalmente em áreas de maior susceptibilidade a processos erosivos, espécies pioneiras de hábitos herbáceo, subarbustivo, arbustivo e arbustivo-arbóreo podem ser mais apropriadas do que espécies de hábito arbóreo na etapa inicial da restauração, hipótese do presente trabalho.

A necessidade de estudos que forneçam subsídios para as fases iniciais da restauração ecológica de áreas degradadas, motivou a realização do presente trabalho, o qual teve como objetivo geral avaliar o potencial de aplicação de espécies nativas de diferentes hábitos em testes visando o controle de erosão para restauração de margens de corpos hídricos.

No capítulo 2 foram propostos alguns critérios de seleção de espécies, com sugestão de estrutura metodológica identificando algumas “características/atributos” e “funções”, bem como avaliação preliminar de 43 táxons no contexto da região de estudo.

Como contribuição do capítulo2 espera-se que os “critérios de seleção de espécies potenciais” e a identificação de “características/atributos” e possíveis “funções” das espécies, apresentados ainda que de forma descritiva e preliminar no capítulo 2 possam ser úteis para futuros trabalhos de criação dos indicadores qualitativos e quantitativos correspondentes, inclusive de indicadores de

desempenho e de serviços, de modo a subsidiar a seleção de espécies a serem utilizadas em práticas voltadas para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos no contexto da região de estudo.

Complementarmente, foram feitas algumas avaliações expeditas:

- No capítulo 3 avaliou-se o potencial de germinação e produção de mudas em viveiro a partir de sementes coletadas de 07 espécies nativas subarbustivas e arbustivas, referente ao “potencial de propagação” citado no capítulo 2;
- No capítulo 4 avaliou-se o desenvolvimento de 08 espécies subarbustivas e arbustivas, após submeter o sistema radicular destas a condições distintas de saturação hídrica do substrato, referente ao “ambiente de ocorrência das espécies” citado no capítulo 2.

Referências

AASE, J.K.; PIKUL, J.L. Terrace formation in cropping strips protected by fall wheatgrass barriers. **Journal of Soil and Water Conservation,** Ankeny, v. 50, n. 1, p. 110-112, 1995.

ALBERNETHY, B.; RUTHERFURD, I. D. The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement. **Hydrological Processes**, New York, v. 15, p. 63-79, 2001.

BARBOSA, L.M. Vegetação ciliar: conceitos e informações práticas para conhecer e recuperar trechos degradados. **Caderno de Pesquisa** – **Série Botânica**, Sta Cruz do Sul, v. 5, n. 1, p. 3-36, 1993.

BECHARA, F.C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras**: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. 2006. 249 p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

BOCHET, E.; RUBIO, J. L.; POESEN, J. Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semi-arid climate (Valencia, Spain). **Geomorphology**, Amsterdam, v. 23, n. 2/4, p. 139-150, 1998.

BROWN, S.; LUGO, A.E. Rehabilitation of tropical lands: a key to susteining developing. **Restoration Ecology**, Washington, v.2, p. 97-111, 1994

BURYLO, M.; REY, F.; BOCHET, E.; DUTOIT, T. Plant functional traits and species ability for sediment retention during concentrated flow erosion. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 353, n. 1/2, p. 135 -144, 2012a.

BURYLO, M.; REY, F.; MATHYS, N.; DUTOIT, T. Plant root traits affecting the resistance of soils to concentrated flow erosion. **Earth Surface Processes and Landforms** , Oxford-UK, v. 37, n. 14, p. 1463–1470, 2012b.

CASAGRANDE, J.C.; REIS DUARTE, R.M. A interação solo–vegetação na recuperação de áreas degradadas. In: INSTITUTO DE BOTÂNICA. **Manual para recuperação de áreas degradadas do estado de São Paulo (Matas Ciliares do Interior Paulista):** ações dos projetos FAPESP nº 03/06423-9 –GEF – Global Environment Facility da SMA. São Paulo, 2006. p. 52-69.

CASAGRANDE, J.C.; REIS-DUARTE, R.M.; SILVA, O.A.; BARBOSA, L.M. desenvolvimento da floresta de restinga do Parque Estadual da Ilha Anchieta (SP) influenciado pelo teor de alumínio do solo: avaliação preliminar. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 53., 2002, Recife. **Resumos…** Recife: Sociedade Botânica do Brasil, 2002. p. 405.

DANJON, F.; REUBENS, B. Assessing and analyzing 3D architecture of woody root systems, a review of methods and applications in tree and soil stability, resource acquisition and allocation. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 303, n. 1, p. e34, 2008.

DE BAETS, S.; POESEN, J.; REUBENS, B.; MUYS, B.; DE BAERDEMAEKER, J.; MEERSMANS, J. Methodological framework to select plant species for controlling rill and gully erosion: application to a Mediterranean ecosystem. **Earth Surface Processes and Landforms**, Oxford-UK, v. 34, n. 10, p.1374-1392, 2009.

DE BAETS, S.; POESEN, J.; REUBENS, B.; MUYS, B.; DE BAERDEMAEKER, J.; DANJON, F., BARKER, D.H.; DREXHAGE, M.; STOKES, A. Using three-dimensional plant root architecture in models of shallow-slope stability. **Annals of Botany**, Oxfor-UK, v. 101, p.1281-1293, 2008.

DORNER, J. **An introduction to using native plants in restoration projects**. Bureau of Land Management, US Department of Interior. U.S. Environmental Protection Agency: Washington, 2002. 66p.

DUPUY, L.; FOURCAUD, T.; STOKES, A. A numerical investigation into the influence of soil type and root architecture on tree anchorage. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 278, p. 119-134, 2005.

DURIGAN, G.; MELO, A.C.G.M.; MAX, J.C.M.; VILAS BÔAS, O.; CONTIERI, W.A. **Manual para recuperação de matas ciliares do oeste paulista.** São Paulo: Páginas e Letras, 2001. 16 p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Division of Conservation Operations. Soil Conservation Service. **Native woody plants of The United States**: their erosion-control and wildlife values. San Francisco: United States Government Printing Office, 2006. 362 p. (Miscellaneous Publication, 303).

_____. Natural Resources Conservation Service. **Draft interim practice standards:** vegetative barriers. Washington, 1997. 20 p.

FLORSHEIM, J. L.; MOUNT, J. F.; CHIN, A. bank erosion as a desirable attribute of rivers. **Bio Science**, Berkeley, v. 58, n. 6, 2008.

FONSECA, C.E.L.; RIBEIRO, J.F.; SOUZA, C.C.; REZENDE, R.P.; BALBINO, V.K. Recuperação da vegetação de Matas de Galeria: estudos de caso no Distrito Federal e entorno. In: RIBEIRO, J.F.; RIBEIRO, C.E.L.; FONSECA, J.C.; SOUZA, S. (Org.). **Cerrado**: caracterização e recuperação de matas de galeria. Planaltina: Embrapa CPAC, 2001. p. 815-867.

FOOT, K.; MORGAN, R. P. C. The role of leaf inclination, leaf orientation and plant canopy architecture in soil particle detachment by raindrops. **Earth Surface Processes and Landforms**, Oxford-UK, v. 30, n. 12, p. 1509–1520, 2005.

GEISSLER, C.; LANG, A. C.; OHEIMB, G. Von; HÄRDTLE, W.; BARUFFOL, M.; SCHOLTEN, T. Impact of tree saplings on the kinetic energy of rainfall: the importance of stand density, species identity and tree architecture in subtropical forests in China. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 156, p. 31-40, 2012.

GONÇALVES, J.L.M.; NOGUEIRA, J., DUCATTI, F. Recuperação de solos degradados. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L., MENDES, F.B.G. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 113.

GONÇALVES, J.L.M.; SANTARELLI, E.G.; MORAES, S.P.N.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, 2005. p. 309-350.

GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; RAVENTOS, J.; ECHEVARRIAB, M. T. Comparison of sediment ratio curves for plants with different architectures. **Catena**, Amsterdam, v. 29, n. 3/4, p. 333–340,1997.

GRAY, D. H.; SOTIR, R. B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization:** a practical guide for erosion control. New York: John Wiley & Sons, 1996. 378 p.

GREENWAY, D. R.. Vegetation and slope stability. In: Anderson MG, Richards KS eds Slope stability. Chichester, Wiley. 1987, p. 187–230.

GUERRERO-CAMPO, J.; PALACIO, S.; PÉREZ-RONTOMÉ, C.; MONTSERRAT-MARTÍ, G. Effect of root system morphology on root-sprouting and shoot-rooting abilities in 123 plant species from eroded lands in Northeast Spain. **Annals of Botany**, Oxford-UK, v. 98, n. 2, p. 439-447, 2006.

GYSSELS, G.; POESEN, J., BOCHET, E.; LI, Y. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. **Progress in Physical Geography**, New York, v. 29, p. 189–217, 2005.

HANSEN, E.A.; BAKER, J.B. Biomass and nutrient renoval in short rotation intensively cultured plantations. In: ANNUAL MEETING AMERICAN POPLARS COUNCIL, 1979, Thompsonville, MI. **Proceedings...** Thompsonville, 1979. p. 130-151.

HERWITZ, S. R.; SLYE, R. E. Three-dimensional modeling of canopy tree interception of wind-driven rainfall. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 168, p. 205-226, 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 2007. 316 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

KAGEYAMA, P.Y.; GANDARA, F.B. Dinâmica de população de espécies arbóreas: implicações para o manejo e a conservação. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIRA, 3., 1994, Serra Negra. **Anais...** Serra Negra: FINEP, 1994. v. 2, p.1-9.

KIEPE, P. Effect of *Cassia siamea* hedgerows barriers on soil physical properties. **Geoderma**, Amsterdan, v. 66, n. 1/2, p.113—120, 1995.

MATTIA, C.; BISCHETTI, G. B.; GENTILE, F. Biotechnical characteristics of root systems of typical Mediterranean species. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 278, n. 1/2, p. 23-32, 2005.

MEYER, L.D.; DABNEY, S.M.; HARMON, W.C. Sediment-trapping effectiveness of stiff-grass hedges. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 3, p. 809-815, 1995.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo comparativo da fenologia e dinâmica de duas formações florestais na Serra do Japi, Jundiaí, SP**. 1987. 232p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

NORMAN, S. A.; SCHAETZL, R. J.; SMALL, T. W. Effects of slope angle on mass movement by tree uprooting. **Geomorphology**, Amsterdan, v. 14, p. 19–27, 1995.

PAGANO, S. N. Nutrientes minerais do folhedo produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49 **n.** 3, p. 641-647, 1989.

PARKER, V.T. The escale of successional models and restoration objectives. **Restoration Ecology**, Washington, v. 5, n. 4, p. 301-306, 1997.

PHILLIPS, C. J.; EKANAYAKE, J. C.; MARDEN, M. Root site occupancy modelling of young New Zealand native plants: implications for soil reinforcement. **Plant and Soil**. Amsterdan, v. 346, n. 1/2, p. 201-214. 2011.

PHILLIPS, C.; CZERNIN, A. Below-ground morphology of *Cordyline australis* (New Zealand cabbage tree) and its suitability for river bank stabilization. **New Zealand Journal of Botany**, Wellington-NZ, v. 43, p. 851–864, p. 2005.

PHILLIPS, C.; MARDEN, M. Erosion and sediment control using New Zealand native plants – What do we know? **Landcare Research**, Palmerston North-NZ, p. 1-17, 2005.

POHL, M.; STROUDE, R.; BUTTLER, A.; RIXEN, C. Functional traits and root morphology of alpine plants. **Annals of Botany**, Oxford-UK, v. 108, n. 3, p. 537-545, 2011.

POLLEN‐BANKHEAD, N.; SIMON, A. Hydrologic and hydraulic effects of riparian root networks on streambank stability: is mechanical root-reinforcement the whole story? **Geomorphology**, Amsterdan, v. 116, p. 353–362, 2010.

PRESTON, C.D.; PEARMAN, D.A.; DINES, T.D. **New atlas of the British and Irish flora**. Oxford-UK: Oxford University Press, 2002. 912 p.

PYŠEK, P.; RICHARDSON, D.M.; REJMÁNEK, M.; WEBSTER, G.L.; WILLIAMSON, M.; KIRSCHNER, J. Alien plants in checklists and floras. **Taxon**, Berlin, v. 53, n. 1, p.131-143, Febr. 2004.

REIS, A.; BECHARA, F.C.; ESPINDOLA, M.B.; VIEIRA, N.K.; SOUZA, L.L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para os processos sucessionais. **Revista Natureza & Conservação.** Goiânia, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003

REUBENS, B.; POESEN, J.; DANJON, F.; GEUDENS, G.; MUYS, B., The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review. **Trees-Structure and Function**, Berlim, v. 21, p. 385-402, 2007.

RODRIGUES, R.R. Restauração de áreas degradadas no estado de São Paulo: iniciativas com base nos processos ecológicos. In: REUNIÃO ANUAL DE PESQUISA AMBIENTAL, 2002, São Paulo. **Resumos**... São Paulo: SMA, Instituto de Botânica. 2002. p. 33-35.

_____. Modelos de RAD para a aplicação em diferentes situações em matas ciliares do estado de São Paulo. In: WORKSHOP SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM MATAS CILIARES: MODELOS ALTERNATIVOS PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS EM MATAS CILIARES NO ESTADO DE SÃO PAULO, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SMA, Instituto de Botânica, 2006. p.13-23.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. (Ed.). Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In. _____. **Matas ciliares**: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, 2000. cap. 15, p. 235-247.

SANCHEZ, G.; PUIGDEFABREGAS, J. Interactions of plant growth and sediment movement on slopes in a semi-arid environment. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 243–260, 1994.

SCHIECHTL, H. M.; STERN, R. **Water bioengineering techniques**: for watercourse, bank and shoreline protection. Oxford-UK: Blackwell Publishing Limited, 1997. 186 p.

SIMCOCK RC, MEURK CD, SMALE MC. Maintaining and revegetating roadsides: Handbook for road controlling authorities and contractors. **Landcare Research**: Lincoln-NZ, Unpublished Report, 80 p., 2005.

SIMON, A.; COLLISON, A. J. C. Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability. **Earth Surface Processes and Landforms**, Oxford-UK , v. 27, p. 527-546, 2002.

SOARES, M. R.; CASAGRANDE, J.C. O solo: a base para a restauração ecológica. In: SIMPÓSIO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA - Políticas públicas para a restauração ecológica e conservação da biodiversidade, 5., 2013, São Paulo. Anais... São Paulo : Instituto De Botânica, 2013. p. 95-101.

STOKES, A.; NORRIS, J. E.; VAN BEEK, L. P. H.; BOGAARD, T.; CAMMERAAT, E.; MICKOVSKI, S. B.; JENNER, A.; DI IORIO, A.; FOURCAUD, T. How vegetation reinforces soil on slopes, slope stability and erosion control: ecotechnological solutions. In: _____. **Slope Stability and Erosion Control**: Ecotechnological Solutions. Berlim: Springer, 2008. Chapter 4, p. 65-118.

STOKES, A.; ATGER, C.; BENGOUGH, A. G.; FOURCAUD, T.; SIDLE, R. C. Desirable plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 324, p.1-30, 2009.

STOKES, A.; SOTIR, R.; CHEN, W.; GHESTEM, M. Soil bio- and eco-engineering in China: past experience and future priorities. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 36, n. 3, p. 247–257, 2010. Special Issue: Vegetation and slope stability.

STONE, E. L.; KALISZ, P. J. On the maximum extent of tree roots. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 46, p. 59-102, 1991.

TANAKA, R. H.; CARDOSO, L.R.; MARTINS, D.; MARCONDES, D.A.S.; MUSTAFÁ, A.L. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 20, p. 99-111, 2002. (Edição Especial).

TRUONG, P. N. V.; SCATTINI, W. Vetiver - The hedge against erosion ? **Australian Journal of Soil and Water Conservation**, Brisbane, v. 3, p. 16-18, 1990.

VALE, F.R.; FURTINI, N.; RENÓ, N.B.; FERNANDES, L.A; RESENDE, A.V. Crescimento radicular de espécies florestais em solo ácido. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 9, p. 609-616, 1996.

VAN KRAAYENOORD, C. W. S.; HATHAWAY R. L. (ed.). **Plant materials handbook for soil conservation**: introduced plants - v. 2. Wellington, N.Z: Soil Conservation Center, 1986. 229 p. Water and Soil Misc. Publ. n. 94.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em zona ripária. **Rev. Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant Roots**: the hidden half. New York: Marcel Dekker, 2002, 1136 p.

XU, X.-L.; MA, K.-M.; FU, B.-J.; LIU, W.; SONG, C.-J. Soil and water erosion under different plant species in a semiarid river valley, SW China: the effects of plant morphology. **Ecological Research**, Tokyo, v. 24, n. 1, p 37- 46, 2009.

YOUNG, T.P. Restoration ecology and conservation biology. **Biological Conservation**, San Diego, v. 92, p.7 3-83, 2000.

ZHOU, Z. C.; SHANGGUAN, Z. P. Effect of ryegrasses on soil runoff and sediment control. **Pedosphere**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 131–136, 2008.

2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE ESPÉCIES POTENCIAIS PARA APLICAÇÃO EM TESTES VISANDO O CONTROLE DE EROSÃO PARA RESTAURAÇÃO DE MARGENS DE CORPOS HÍDRICOS

Resumo

A remoção da cobertura vegetal nativa, o tipo de uso, ocupação e manejo inadequados do solo, além do represamento do rio Paraná devido à construção da UHE Engº Sérgio Motta (Porto Primavera), num contexto desfavorável do meio físico, vêm causando contínua degradação ambiental, com processos erosivos múltiplos na bacia do alto Paraná. Considerando-se a falta de metodologias no Brasil, o presente capítulo teve como objetivos propor critérios de seleção de espécies potenciais, sugerir estrutura metodológica identificando possíveis "características/ atributos", "funções" e "serviços" de interesse, bem como avaliar preliminarmente o potencial de espécies de hábitos distintos para aplicação em experimentos visando o controle de erosão e restauração de diques marginais no contexto da região de estudo. Enfocando prioritariamente espécies herbáceas e arbustivas nativas foram realizadas expedições a campo para observações e descrição quanto às condições do ambiente de ocorrência, disponibilidade hídrica, características morfológicas, hábitos de crescimento, bem como coleta de material botânico para identificação taxonômica. As buscas foram realizadas ao longo das margens do rio Paraná e reservatório de Porto Primavera, trechos de afluentes navegáveis e ilhas, que incluiu remanescentes de mata ciliar/ galeria e formações de várzea. Foram identificados e analisadas 30 espécies e 13 gêneros pertencentes a 20 famílias, correspondentes a 16 herbáceas a subarbustivas, 6 subarbustivas a arbustivas, 10 arbustivas, 6 arbustivo-arbóreas e 5 lianas. Dentre os 43 táxons: 41 foram classificados como nativos; 39 como perenes; 20 ocorreram em ambiente não alagável de solos com boa drenagem e outros 23 em locais sujeitos a alagamentos sazonais, sendo 11 com a base do caule submersa; 35 apresentaram características morfológicas do sistema aéreo de interesse para aplicação em experimentos visando o controle de processos erosivos, sendo: 22 de origem pluvial para proteção superficial e subsuperficial de diques marginais (e taludes) (21 por meio do recobrimento vegetal adensado e 1 por meio de revestimento do solo), outros 11 de origem fluvial e também pluvial (por meio de barreiras ou faixas vegetais em combinação com os demais tipos) para a proteção da base e bordas de diques marginais (e taludes); 31 apresentaram características de interesse para aplicação em experimentos visando a recuperação do solo, sendo: 10 leguminosas nodulíferas, 21 para fornecer cobertura e reter umidade; 31 para *input* de matéria orgânica; e 20 pelo potencial de fornecimento de recursos para a fauna. Para a seleção de espécies potenciais, a incorporação de critérios, como hábito de crescimento e morfologia, juntamente com ciclo de vida das espécies, pode ser um passo importante em práticas para a restauração ecológica, principalmente para superar problemas na sua fase inicial, como conter processos erosivos e espécies invasoras, sendo clara a falta de referências de estudos no Brasil.

Palavras-chave: Ocorrência das espécies; Hábito de crescimento e morfologia; Ciclo de vida; Características e funções das espécies; Diques marginais.

Abstract

Removal of native vegetation cover, type of use, occupation and inadequate soil management , in addition to the damming of the Paraná river due to the construction of the Sérgio Motta HPP (Porto Primavera), a context which is very unfavorable for the physical environment, have caused continuous environmental degradation with multiple erosion processes in the upper Paraná basin. Considering the lack of methodologies in Brazil, this chapter had the aim of proposingselection criteria for potential species,and also of suggesting methodological framework to identify possible "characteristics/ attributes", "functions" and "services" of interest, as well as carrying out a preliminary evaluation of the potential of species of different habits for use in experiments of erosion control and restoration of river banks in the context of the studied region. Primarily focusing on native herbaceous and shrub species, field expeditions were made to observe and describethe conditions of the environment, water availability, morphological characteristics, growth habits, as well as to collect botanical material for taxonomic identification. Searches were conducted along Paraná River banks and of the Porto Primavera Reservoir, as well as of stretches of navigable tributaries and islands, which included remnants of riparian /galleries and floodplain formations. 30 species and 13 genera belonging to 20 familieswere identified and analyzed; they included: 16 herbaceous to subshrubs, 6 subshrubs to shrubs, 10 shrubs, 6 shrub-trees and 5 lianas. Among the 43 taxa: 41 were classified as native, 39 as perennials, 20 occurred in non- flooded environment of good drainage soils and 23 others occurred in locations subject to seasonal flooding, with 11 of them having submerged stem base, 35 presented aerial system morphological characteristics which are of interest for application in erosion control experiments including: 22 from rain origin for surface and subsurface protection of river banks (and slopes) (21 through dense vegetation covering and 1 through coating of the ground), 11 otherswere from fluvial and pluvial origin (through barriers or vegetable strips in combination with other types) to protect the base and edges of river banks (slopes) , 31 had features of interest for application in soil recovering experiments, including: 10 nodulating legumes, 21 to provide coverage and keep moisture, 31 to organic matter *input* and 20 due to its potential of providing resources for wildlife. For the selection of potential species, the incorporation of criteria, such as growth habits and morphology, along with the species life cycle, can be an important step for ecological restoration practices, mainly to overcome problems in its early stages, such as containing erosive and invasive species. The lack of this type of study is clear in Brazil.

Keywords: Occurrence of species; Growth habits and morphology, Life cycle, Species characteristics and functions; River banks

2.1 Introdução

Para uma faixa mais estreita das margens de corpos hídricos, são comuns as zonas de instabilidade, devido à flutuação do freático, dinâmica da água pluvial de zonas adjacentes, e também fluvial, muitas vezes associada à vazão e/ou formação de ondas, onde a microtopografia é irregular, e a declividade é muitas vezes acentuada, onde os processos erosivos tendem a ser mais intensos (DORNER, 2002). A implementação de medidas de controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos, compreender quais são, como ocorrem e a intensidade dos processos erosivos pela ação da água corresponde a uma etapa prévia fundamental que antecede à de seleção de espécies potenciais. Podem ocorrer situações em que as forças decorrentes dos processos geomorfológicos, por serem consideravelmente maiores, impossibilitam a implementação de práticas voltadas para o controle da erosão e restauração apenas por meio de recobrimento vegetal e manejo do solo em zonas adjacentes, sendo necessário que se faça a implantação de estruturas físicas de contenção da energia de vazão ou de ondas. Os critérios de seleção de espécies potenciais para a proteção do solo nestas zonas podem ser muitas vezes restritivos, faltando no Brasil estudos que avaliem o perfil mais adequado para as espécies a serem plantadas, suas respectivas características e fatores envolvidos.

Como controlar a erosão? Como a vegetação controla a erosão? Como a vegetação afeta a estabilidade de encostas?

A erosão e o controle de sedimentos podem ser influenciados por forças biológicas e mecânicas. Os métodos mecânicos trazem um efeito imediato e operam com uma eficiência máxima, mas são de custo elevado para serem construídos e mantidos. Métodos biológicos, tais como o estabelecimento de vegetação por meio de sementes e estacas geralmente geram custo menor, porém seu efeito imediato também é menor. Entretanto, uma vez estabelecida, a vegetação proporciona um controle auto-perpetuante, permanente e efetivo cada vez maior (VAN KRAAYENOORD; HATHAWAY, 1986).

Van Kraayenoord e Hathaway (1986) citam diversos critérios para seleção de espécies visando o controle de erosão e sedimentação, que inclui: características ecológicas, adaptabilidade, facilidade de propagação e disponibilidade, facilidade

para estabelecimento, hábito de crescimento e velocidade de crescimento, sistema radicular, contribuições ou enriquecimento do solo, resistência ao dano mecânico, resistência a pragas e doenças, e características indesejáveis das espécies.

Greenway (1987) e Phillips (2005) identificaram mecanismos hidrológicos e mecânicos que podem ser benéficos ou adversos aos processos erosivos e à estabilidade de encostas , conforme apresentado a seguir:

Mecanismos hidrológicos

- A folhagem intercepta a chuva, reduzindo seu impacto por absorção e evaporação e posteriormente por infiltração (benéfico);
- A folhagem intercepta a chuva protegendo a superfície do solo da erosão causada pelo “efeito splash” da chuva (benéfico);
- As raízes extraem a umidade do solo, que é perdida para a atmosfera via transpiração, reduzindo a retenção hídrica do solo (atração da água pelos poros do solo ou pressão água-poro) (benéfico);
- As raízes e os ramos aumentam a rugosidade na superfície do solo e a permeabilidade do solo, podendo levar a um aumento excessivo na capacidade de infiltração (adverso);
- A depleção de umidade do solo pode acentuar rachaduras no solo por dessecação, resultando em maior capacidade de infiltração (adverso).

Mecanismos mecânicos

- As raízes reforçam o solo, aumentando seu tensionamento contra possíveis rupturas ou fraturas (benéfico);
- As raízes do solo podem se ancorar em um estrato firme, proporcionando suporte e reforço ao solo (benéfico);
- As raízes prendem as partículas do solo na superfície, reduzindo sua susceptibilidade à erosão (benéfico);
- A vegetação de pequeno porte pode filtrar e reter sedimentos em situações de “runoff” (benéfico);
- O peso das árvores pode reforçar, mas ao mesmo tempo sobrecarregar a encosta e levar a um aumento nos componentes de força encosta abaixo (“efeito alavanca”) (benéfico/ adverso);
- A vegetação exposta ao vento transmite força dinâmica à encosta (“efeito alavanca”) (adverso).

Conforme Schiechtl e Stern (1997), Albernethy e Rutherfurd (2001), Simon e Collison (2002), certos tipos de plantas são intrinsicamente mais adequadas que outras conforme os objetivos específicos de estabilização, sendo improvável que uma única espécie ideal esteja disponível para atender exatamente às necessidades de uma encosta quanto à sua estabilização. Cada espécie tende a desenvolver padrões distintos de enraizamento e diferentes quantidades de biomassa aérea conforme as condições do sítio e clima. Os autores discutem como a vegetação pode ser utilizada para estabilizar e fixar o solo das enconstas.

O hábito de crescimento e morfologia das epécies herbáceas, subarbustivas e arbustivas pode, além de proporcionar maior cobertura superficial ao solo, oferecer menor risco de queda pelo “efeito alavanca” em topografias íngremes, como observado por Greenway (1987) e Phillips (2005), o que se aplicaria a situações observadas em diques marginais. Para esses autores, a vegetação trabalha de várias maneiras: estabiliza o solo por meio de seu sistema radicular; fornece cobertura que proporciona melhorias ao microclima e condições do solo; atua como uma camada protetora ao solo contra o impacto das gotas de chuva; pode enriquecer o solo fixando nitrogênio em suas raízes; pode atuar como filtro ou barreira ao “*sediment-laden runoff*” ou fluxo hiperconcentrado contendo de 40 a 60% de sedimentos.

De acordo com Stokes et al. (2008), a vegetação pode atuar como barreira protetiva entre o solo e os elementos naturais que estimulam a erosão ou o movimento de massa. As plantas exibem formas e estruturas muito diferentes, mas, em geral os elementos considerados úteis em soluções ecotecnológicas são:

- Raízes, para proporcionar ancoramento e absorver água e nutrientes do solo;
- Caules, para suportar o sistema aéreo que irá capturar o solo erodido;
- Folhas, para interceptar a precipitação e iniciar a evapotranspiração, possibilitando a redução dos níveis de umidade no solo (COPPIN; RICHARDS, 1990).

Segundo Burylo et al. (2009) a resistência ao desenraizamento depende da combinação de várias características. O comprimento de raízes pitvotantes, a proporção entre as raízes laterais finas e a topologia das raízes foram considerados os melhores indicadores da força de ancoragem. Para análises da planta viva, conforme o tipo de estudo realizado por diferentes autores, em ambientes de clima temperado e tropical, foram considerados correlacionados positivamente com a força de ancoragem os seguintes parâmetros:

- Árvores maduras (clima temperado): DAP, altura, biomassa do tronco, profundidade do sistema radicular, área das raízes, resistência ao dobramento das raízes;
- Árvores jovens (clima temperado): volume de raíz, biomassa do tronco, comprimento da raíz pivotante;
- Árvores (clima tropical): DBH;
- Gramíneas: altura, expansão das raízes lateralmente, biomassa das raízes, número de raízes laterais, volume lateral das raízes, resistência das raízes ao dobramento.
- Herbácea dicotiledônea: diâmetro da área basal, biomassa das raízes, resistência das raízes ao dobramento
- Macrófitas aquáticas: quantidade de raízes, area de raíz.

Simcock et al. (2005) fornecem algumas diretrizes gerais para o uso da vegetação para a reabilitação de sítios degradados, sejam voltadas para controle da erosão e sedimentação, e para aumentar a biodiversidade:

- Selecionar espécies com formas de crescimento e alturas conforme o grau de exposição do solo, umidade e regime de manutenção;
- Reduzir a área desmatada por meio da condução da regeneração natural a partir de remanescentes de vegetação de áreas adjacentes;
- Minimizar o estabelecimento de espécies invasoras;
- Proporcionar manutenção até que uma cobertura completa de espécies de “plantas-alvo” se estabeleça (2 a 5 anos);
- Formar progressivas curvas de nível e cordões vegetais quando necessário;
- Moldar a superfície do solo, proporcionando-lhe rugosidade;

- Conservar e repor o “topsoil”, assim como minimizar a compactação em pilhas estocadas e nos primeiros 30 cm de solo reposto;
- Utilizar “*mulch*” orgânico e em profundidade mínima de 10 cm para evitar espécies invasoras.

De Baets et al. (2009) propuseram uma estrutura metodológica para selecionar plantas para o controle de erosão em sulcos e formação de voçorocas e sua aplicação para 25 espécies vegetais representativas da paisagem no semi-árido Mediterrâneo, no sudeste da Espanha. Nesta análise a determinação do enquadramento de plantas para o propósito de controle do fluxo erosivo é baseada em uma análise de critérios múltiplos. Eles determinaram inicialmente critérios principais, como por exemplo: potencial das plantas de prevenir o rompimento de sua estrutura por fluxo erosivo concentrado, potencial das plantas de aumentar a estabilidade da encosta, resistência das plantas ao dobramento pelo fluxo hídrico e habilidade das plantas para capturar sedimentos e detritos orgânicos. Em seguida os autores selecionaram indicadores para aribuir a pontuação obtida para os quatro critérios. Para atribuir a pontuação dos indicadores, tanto as características das plantas que estão acima como as que estão abaixo do solo foram consideradas e medidas, tais como: rigidez da planta, elasticidade do caule/ ramos, densidade do caule/ ramos, densidade de raízes, distribuição do diâmetro das raízes, coesão adicional das raízes, potencial de redução da erosão durante fluxo concentrado e potencial de obstrução de sedimentos e detritos orgânicos.

De acordo com Stokes et al. (2008), uma vez que a instabilidade devido ao processo erosivo ou escorregamento é identificada em uma encosta, o tipo de vegetação que melhor segurará o solo poderá ser determinado. Após revisão do trabalho de Gray e Sotir (1996), Stokes et al. (2008) propuseram algumas características que consideraram desejáveis nas plantas para que a vegetação possa atender às funções de proteção e contenção do solo de encostas, conforme apresentado a seguir:

- <u>Capturar e reter</u>: ramos múltiplos, flexíveis e fortes; ramos com rápido crescimento; habilidade para rebrotar após distúrbio; pronta propagação de estacas e raízes de absorção;

- Cobrir e proteger: copa ampla, fechada e baixa; crescimento superficial, expandido e denso; tapete de raízes/rizomas fibrosos;
- Reforçar e suportar: raízes múltiplas, fortes e profundas; rápido desenvolvimento das raízes; elevada proporção na biomassa de ramos e raízes; bom potencial de transpiração das folhas;
- Melhorar o hábitat: sombra e cobertura para amenizar temperaturas e melhorar a retenção de umidade; desenvolvimento de húmus a partir da serapilheira; potencial de fixação de nitrogênio.

A melhor referência para a seleção de espécies seria a própria ocorrência de espécies nativas regionais em remanescentes dos ecossistemas, comunidade de referência ou comunidade ecológica. Na ausência desta opção, a consulta a dados históricos da área, literatura especializada, herbários locais, fotos aéreas, fontes locais confiáveis seriam recomendadas (DORNER, 2002)

Para a seleção de espécies potenciais, é fundamental a adoção de preceitos ecológicos em relação à origem das espécies, que priorizem as nativas conforme Clements (1935): "*A natureza deve ser copiada da melhor maneira possível, empregando-se materiais nativos na composição final*", assim como: "*Plantios em larga escala devem seguir princípios ecológicos, restringindo-se ao uso de espécies nativas regionais, até que mais informações sejam obtidas que justifiquem outros plantios"* (CHAPMAN,1897 *apud* ESTADOS UNIDOS, 2006), e também considerando-se os riscos associados à seleção de espécies exóticas de regiões muito distintas (TOUMEY e KORSTIAN, 1931 *apud* ESTADOS UNIDOS, 2006). As espécies que ocorrem em interação ou associação com outras ou em nível de comunidade também devem ser consideradas (DORNER, 2002). E, para superar as confusões em relação à origem e classificação dos táxons, é muito importante a uniformização de conceitos e terminologias em nível internacional para espécies nativas, exóticas, exóticas casuais, exóticas naturalizadas, exóticas invasoras, ruderais, daninhas e transformadoras, conforme proposto por Pyšek et al. (2004), Preston et al. (2002 apud PYŠEK et al., 2004), Richardson et al. (2000 apud PYŠEK et al., 2004) e divulgado no Brasil por Moro et al. (2012) (apresentado no item 2.2 Material e métodos do capítulo 2 e ao final no item Glossário).

Identificar, diferenciar e priorizar espécies nativas corresponde a um primeiro passo para controlar a erosão e reduzir o estabelecimento de espécies exóticas

invasoras. A importância da inclusão de espécies que possam atuar nesse sentido é citada por Simcock et al. (2005). Dúvidas quanto à seleção de determinadas espécies de hábito subarbustivo, arbustivo, e, principalmente herbáceo e trepador como potenciais, mesmo sendo nativas, são compreensíveis, já que são conhecidas por serem mais eficazes para se estabelecerem do que as espécies de hábito arbóreo. Entretanto, tais hábitos seriam introduzidos somente na fase inicial para controle de erosão e recuperação do solo, favorecidas pelo seu comportamento como pioneiras, para darem um *start* na fase inicial do processo de restauração, sendo substituídas nas fases seguintes, pelo próprio sombreamento formado pelas espécies arbóreas não-pioneiras introduzidas em sequência. Conforme Dorner (2002), as espécies que se deseja para a comunidade final não serão as mesmas plantadas inicialmente, ou seja, de nada adiantaria plantar espécies de sub-bosque na fase inicial da restauração.

Espécies para o controle de erosão e restauração devem ser capazes de sobreviver em determinadas condições edafoclimáticas, ser tolerantes às variações de umidade do solo, suportar condições mais severas de seca ou alagamento, e conseguir crescer e se desenvolver mesmo com sedimento acumulado. Espécies heliófitas e mesófitas, com comportamento de colonizadoras ou pioneiras costumam ter mais facilidade para se estabelecer do que espécies esciófitas, uma vez que solos sofrendo processos erosivos normalmente ocorrem em locais abertos, desprovidos de cobertura vegetal O ambiente ou zona de ocorrência das espécies pode ser considerado uma referência importante para avaliar as preferências ou exigências de uma espécie em relação ao seu habitat, e prever se será capaz de sobreviver e resistir à competição com outras espécies após o plantio. Verificar onde espécies estão ocorrendo, como estão contribuindo para a proteção do solo, conhecer quais suas preferências hídricas, exigências quanto à luminosidade, tipo de solo e ciclo de vida é muito importante, e pode contribuir para o planejamento e elaboração de mapas de plantios quanto à seleção de espécies potenciais em experimentos voltados para o controle da erosão e restauração. (DORNER, 2002).

Shantz (1935 apud ESTADOS UNIDOS, 2006) afirmava: "Para onde quer que se olhe, a natureza está indicando o caminho para a recuperação”. Aldous e Shantz (1924 apud ESTADOS UNIDOS, 2006) apontam que a cobertura vegetal natural é o resultado de todas as condicionantes para o crescimento das plantas na área onde

elas se desenvolveram. É, portanto, um índice de medida dos fatores influenciando seu crescimento, e serve como um indicador das possibilidades de desenvolvimento de outras plantas na mesma área.

Uma vez que os objetivos do projeto estiverem claros e definidos, espécies apropriadas para o local deverão ser selecionadas, levando-se em consideração alguns fatores principais como disponibilidade água, luz e de nutrientes (DORNER, 2002) Epécies herbáceas, subarbustivas, arbustivas e arbustivo-arbóreas pioneiras podem apresentar maior potencial de proteção superficial do solo do que as espécies arbóreas não pioneiras em certas zonas do ecossistema ripário. Nas formações de várzea, por exemplo, há mais espécies edáficas em sua composição florística, as quais são adaptadas às flutuações hídricas, mais tolerantes às inundações periódicas, e mais resistentes a processos erosivo por fatores de origem pluvial e fluvial. De acordo com Crestana (2004), a distribuição das espécies ao longo de um gradiente de disponibilidade hídrica não acontece por acaso, e sim de acordo com as exigências e capacidade de tolerância ao encharcamento ou à seca que cada espécie possui, e conhecer essas características é fundamental na escolha das espécies a serem utilizadas na área a ser recuperada.

Espécies arbóreas, devido ciclo de vida mais longo são de maneira geral eficazes na produção de serapilheira (PAGANO, 1989; MORELLATO, 1992). Em comparação, espécies arbustivo-arbóreas, seguidas por arbustivas e subarbustivas produzem menor biomassa que as arbóreas, mas, por serem de crescimento mais rápido, são fundamentais nas fases iniciais da restauração e controle de erosão. As espécies herbáceas são as que menos contribuem para a ciclagem de nutrientes. Quanto maior a produção de serapilheira, mais rápida a recuperação do solo. A inclusão de espécies consideradas boas produtoras de serapilheira como espécies potencias em práticas de controle de erosão e restauração é muito importante, pois, além de proteger o solo revestindo-o formando uma camada protetora, acelera o seu processo de recuperação como um todo. A produção de serapilheira auxilia na retenção de umidade e melhoria das condições edáficas por meio da ciclagem biogeoquímica, liberando nutrientes ao solo a partir da decomposição da matéria orgânica produzida. Quanto maior a produção de serapilheira, maior a velocidade de recuperação do solo, favorecendo a colonização e regeneração natural de sítios degradados por uma diversidade maior de espécies. Vital (2004) avaliou a taxa de

decomposição de serapilheira de uma Floresta Estacional Semidecidual em zona ripária, realizando coletas bimestrais e obteve 1,71 de taxa instantânea de decomposição da serapilheira (K), que indiretamente representa a velocidade com que os nutrientes, ligados a ela, tornam-se disponíveis. Verificou também que o tempo necessário para o desaparecimento de 50 e 95% da serapilheira foi, respectivamente, de 150 e 639 dias, o que indica uma taxa de decomposição muito rápida e um rápido reaproveitamento de nutrientes por parte da vegetação.

Espécies subarbustivas e arbustivas nativas podem contribuir como adubos verdes nativos num espaço de tempo bem curto, fundamental em situações de solos muito degradados, uma vez que são de rápido crescimento. Assim, a inclusão de leguminosas nodulíferas como espécies potenciais em práticas de controle de erosão e restauração é essencial, uma vez que a fixação biológica de N_2 acelera o processo de recuperação do solo como um todo. Segundo Corby (1981), uma das características mais importantes da família Leguminosae é a capacidade de fixação biológica de N_2 quando em associação com bactérias do solo do grupo dos rizóbios. A relação simbiótica ocorre nas raízes das plantas hospedeiras, resultando no desenvolvimento de estruturas nodulares, que são o sítio adequado para reações bioquímicas e enzimáticas que permitem a fixação de N_2, suprindo a planta com nitrogênio fixado. Dentre as interações planta-microorganismos, as interações Leguminosae–*Rhizobium* são únicas, pois, fornecem cerca de 80-90% do total de nitrogênio requerido pelas leguminosas, que envolve uma complexa interação entre a planta, o simbionte e o ambiente (SPRENT, 2001).

A partir da revisão de literatura realizada, pode-se supor que as possíveis contribuições de espécies pioneiras de pequeno porte como herbáceas, subarbustivas, arbustivas, arbustivo-arbóreas, trepadeiras e lianas seriam:

- Melhoria da estruturação do solo (contribuindo para a descompactação e infiltração hídrica);
- Input de matéria orgânica no solo (principalmente nas fases iniciais de recuperação do solo);
- Aumento na sua fertilidade pela fixação de nitrogênio por meio de interação com bactérias;
- Proteção da superfície do solo contra o efeito *splash* (por meio de seu recobrimento);

- Redução do *runoff* e fluxo concentrado (pela dissipação energia do fluxo hídrico pela formação de rugosidades na superfície do solo e concentração de raízes finas nas camadas superficiais do solo);
- Retenção de sedimentos e matéria orgânica (atuando como barreira vegetal);
- Proteção e estabilização do solo por meio do sistema radicular (grampeamento e atirantamento);
- Controle de erosão de origem pluvial e fluvial (por serem de rápido crescimento);
- Competição com espécies exóticas invasoras;
- Fornecimento de recursos e interação com a fauna.

Tais hábitos reúnem diversas características de interesse para a proteção do solo, controle de erosão e restauração, necessitando ser melhor estudadas. A falta de metodologias no Brasil para a seleção de species nativas motivou o desenvolvimento do presente capítulo, que teve como objetivos:

- Propor alguns critérios de seleção de espécies potenciais para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos;
- Sugerir uma estrutura metodológica que identificasse ainda que preliminarmente, as "características/atributos" das espécies e suas possíveis "funções" e "serviços", referentes a alguns "critérios de seleção" propostos no âmbito do presente capítulo;
- Avaliar preliminarmente o potencial de espécies de hábitos distintos, identificando-se características e aspectos funcionais de interesse para aplicação em experimentos visando o controle de erosão e restauração de diques marginais no contexto da região de estudo.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Região de estudo

a) Localização

A região de estudo está inserida na bacia hidrográfica do Alto Rio Paraná, abrange as margens do rio Paraná, uma faixa no entorno do reservatório da UHE Eng. Sérgio Motta (Usina de Porto Primavera) com alguns de seus afluentes navegáveis e suas várzeas à montante da barragem de Porto Primavera (rios Verde e Pardo no Mato Grosso do Sul, e rios Aguapeí, Peixe e Paranapanema em São

Paulo), bem como um trecho à jusante desta barragem (rios Bahia, Ivinheima, Curutuba e Poitã). Geopoliticamente, abrange parte dos municípios de Castilho, São João do Pau D'alho, Paulicéia, Panorama, Caiuá, Presidente Epitácio, Teodoro Sampaio e Rosana, situados na margem esquerda (São Paulo), bem como dos municípios de Três Lagoas, Brasilândia, Santa Rita do Pardo, Bataguassu e Anaurilândia, situados na margem direita do Reservatório de Porto Primavera (Mato Grosso do Sul). Mais ao sul abrange trechos situados à jusante da barragem de Porto Primavera, nos municípios de Rosana-SP, seguindo por Porto Rico até Querência do Norte no Paraná, bem como Bataiporã, Taquarussu, Jateí e Naviraí no Mato Grosso do Sul. A **figura 1** apresenta a localização da região de estudo, imagem do reservatório de Porto Primavera no contexto do uso e ocupação do solo da região, com afluentes e unidades de conservação (UCs), bem como o rio Paraná em seu leito original e após as etapas de enchimento após a construção da barragem.

b) Clima

A região de estudo está submetida a dois tipos de clima, segundo a classificação de Koeppen baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos. Na porção centro-norte predomina o tipo Aw (savana tropical), com inverno seco, de maio a outubro (julho é o mês mais seco), que apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno. A temperatura média do mês mais frio é superior a 18ºC, a precipitação anual é de cerca de 1.250mm, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso, sendo que o mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA, 2013).

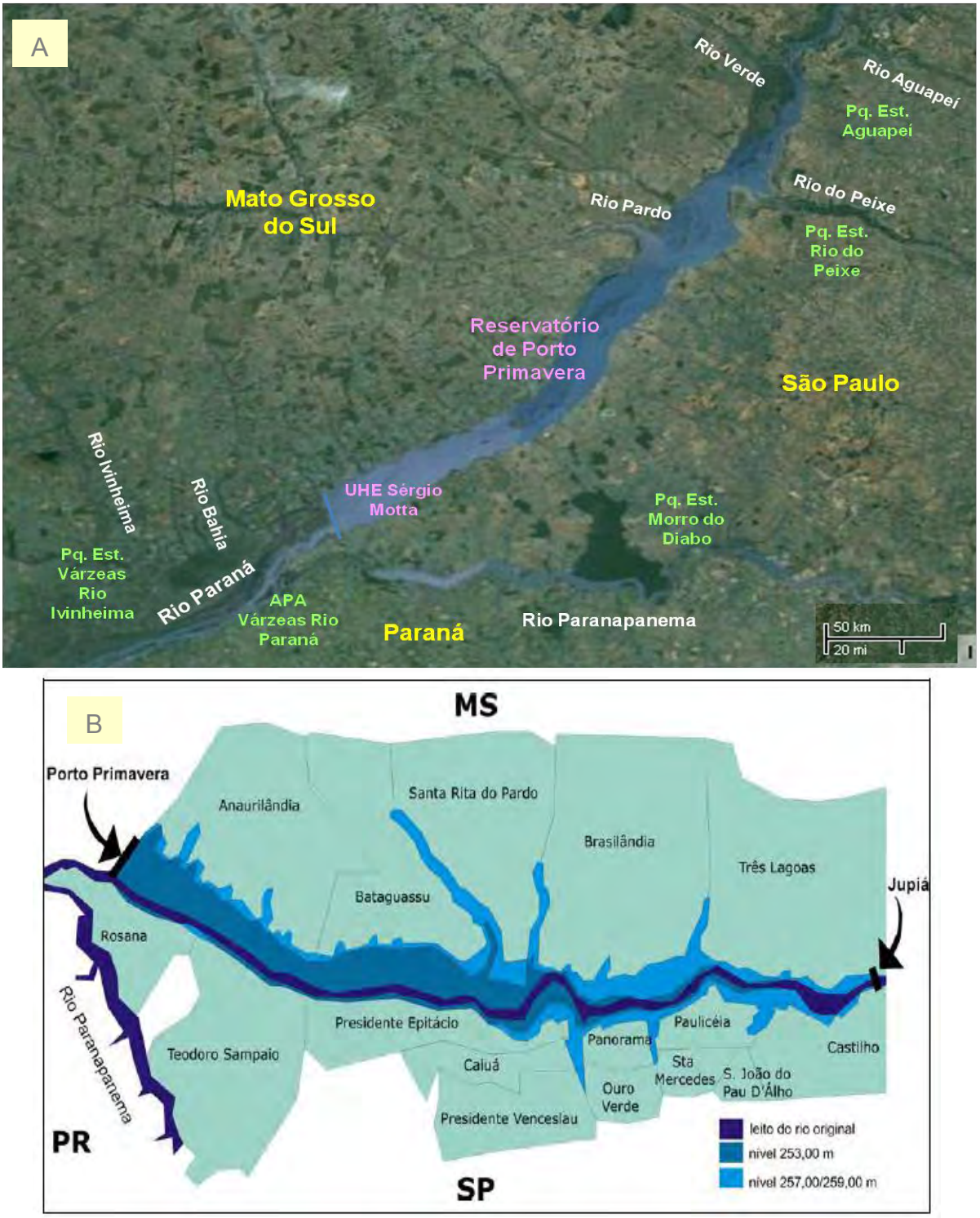

Figura 1 – A: Imagem do uso e ocupação do solo contextualizando o rio Paraná e seus afluentes após a construção da barrragem do reservatório de Porto Primavera; B: Situação do rio Paraná com seu leito original e após seu enchimento até as cotas 253 (1998) e 257 (2001), e municípios afetados nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. (Fontes: A: Adaptado de Google Earth, 2013; B: COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2009)

Mais ao sul, à jusante da barragem de Porto Primavera, o clima muda para Cwa (mesotérmico úmido), que se caracteriza por verões quentes e invernos secos,

sendo a temperatura do mês mais frio (junho e julho) inferior a 18ºC e a do mês mais quente (janeiro) superior a 22ºC (FIETZ; FISCH 2008).

c) Geologia

Geologicamente, o extremo oeste paulista é constituído, na sua maior parte, por rochas sedimentares da Era Mesozóica e também por coberturas mais recentes da Era Cenozóica, compostas por aluviões (depósitos de cascalho, areia e argila transportados por ações das chuvas, dos ventos e dos rios) e coluviões (solos das vertentes formados de detritos transportados pela gravidade). Nas planícies dos rios Paraná e Paranapanema há depósitos fluviais recentes. As formações geológicas são constituídas pelo Grupo Bauru (Formação Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina), pelo Grupo São Bento (Formação Serra Geral) e por sedimentos Cenozóicos (aluviões em geral) (MENEGUETTE, 2001). A região de estudo no contexto do reservatório de Porto Primavera é constituída pelos arenitos da Formação Caiuá, sotopostos aos depósitos Cenozóicos da planície aluvionar do rio Paraná (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 2001b) e de seus afluentes. Os basaltos da formação Serra Geral afloram no leito do rio apenas na área de implantação da barragem de Porto Primavera, nas imediações da Barragem de Jupiá e nas proximidades do Rio Aguapeí, em pequenos lajeiros. A Formação Caiuá é constituída por arenitos finos a médios, com matriz silto argilosa, com cimentação limonítica predominante, e cimentação carbonática na base, próximo ao contato com o basalto. Apresenta coloração arroxeada a avermelhada, ocorrendo em forma de bancos, com estratificações cruzadas de grande a médio porte, tangenciais na base. A espessura de cada banco varia entre 1 a 12 m, com extensões de até 200 m (IPT, 2001a). Os estratos apresentam inclinação média da ordem de 20º a 30º, com predominância dos mergulhos para ENE, ou seja, para o interior das encostas da margem esquerda do rio Paraná. Este condicionante estrutural faz com que, nesta margem, ocorram escarpas bastante íngremes, da ordem de 30 m a 40 m de altura, enquanto que, na margem direita do rio Paraná, o arenito seja pouco exposto. De maneira geral, o Rio Paraná corre paralelamente a estas direções. Na margem esquerda o topo do Arenito Caiuá oscila entre as cotas 260 m e 270 m, aproximadamente. Na margem direita apresenta grande exposição somente na região do Paredão das Araras, atingindo a cota 295 m. Na calha do rio e na zona de oscilação natural do nível d'água, o arenito apresenta-se coerente, bastante

resistente à erosão fluvial. Nas porções superiores do maciço, acima da região de oscilação natural do rio, passa a apresentar horizontes menos coerentes ou incoerentes, sujeitos, à erosão fluvial e ao embate das ondas do lago. O arenito Caiuá é capeado por formações Cenozóicas, caracterizadas por uma seqüência de terraços aluvionares dispostos em diferentes níveis topográficos, desde terraços superiores situados em cotas mais elevadas (310 m e 290 m), um terraço posicionado em cota intermediária (270 m), e um baixo terraço em torno da cota 245 m e a planície de inundação do Rio Paraná, situada por volta da cota 240 m, atingindo até a cota 250 m nas porções mais a montante do reservatório. Nos vales junto à foz dos principais afluentes do Rio Paraná também são reconhecidos terraços superiores, baixos terraços e planícies de inundação. Todos os terraços são constituídos predominantemente por sedimentos arenosos inconsolidados, de granulometrias variadas, com níveis areno-argilosos, argilo-arenosos e/ou de cascalho interpostos. Nos horizontes basais dos diferentes terraços ocorrem níveis de cascalho grosseiro, por vezes com cimentação limonítica, denominados conglomerados limoníticos. Devido à sua constituição, os terraços são extremamente susceptíveis à erosão fluvial e ao embate das ondas do reservatório (AZEVEDO et al., 2003).

d) Geomorfologia

Geomorfologicamente, o extremo oeste paulista faz parte do Planalto Ocidental e é caracterizado por feições apresentando uma sucessão de colinas suavizadas compostas por espigões areníticos (rochas constituídas de grãos de areia consolidados por cimento carbonático) que vão se rebaixando até o Rio Paraná (MENEGUETTE, 2001). As altitudes desta região chegam a 500 – 550 metros decaindo para pouco menos que 300 metros, mantendo uma regularidade altimétrica entre estas cotas (SENAGRO, 1998; MENEGUETTE, 2001). A região de estudo está inserida em três unidades geomorfológicas: a unidade Planalto Rebaixado do Paraná, unidade Planície Fluvial do rio Paraná e unidade Planície Fluvial dos Afluentes (THEMAG/ENGEA/UMAH CONSORCIADOS, 1993). A unidade Planalto Rebaixado do Paraná, é constituída principalmente por relevo de colinas amplas e, subordinadamente, por colinas médias e pequenas. As unidades Planície Fluvial do rio Paraná e Planície Fluvial dos Afluentes são representadas pelos terraços e planícies de inundação (AZEVEDO et al., 2003). O relevo dos terraços é, de maneira

geral, plano a levemente ondulado, confundindo-se, por vezes, com os relevos de colinas amplas das regiões adjacentes. A calha fluvial do Rio Paraná ao longo de toda a área do reservatório tem forma assimétrica, apresentando ampla sedimentação na margem direita e predominância de erosão na margem esquerda. Esta característica se manifesta no relevo, através de formas escarpadas na margem esquerda, com taludes de inclinação acentuada, sustentados pelos maciços areníticos da Formação Caiuá. A única feição de destaque na margem direita do rio Paraná é o denominado Paredão das Araras, também sustentado pelo arenito Caiuá (AZEVEDO et al., 2003).

e) Solos

De acordo com Meneguette (2001), os solos na região de estudo são na sua maioria arenosos, pouco ácidos, pobres em argila, originados da decomposição do Arenito do Grupo Bauru, apresentando uma grande quantidade de areia em sua composição. Os solos são profundos, bem drenados, podendo ainda apresentar cimento carbonático ou silicoso, sendo na maioria friáveis, demonstrando sua fragilidade. Os tipos de solos predominantes são os Argissolos (denominação atual dada aos Podzólicos) e o Latossolo Vermelho Escuro (vide definições no Glossário).

Após o enchimento do reservatório de Porto Primavera, houve completa alteração dos solos de suas margens, uma vez que grande parte da planície de inundação ficou submersa, de modo que atualmente em grande parte de suas encostas ocorrem os Argissolos e o Latossolo Vermelho Escuro.

Quanto aos tipos de solo associados às margens dos corpos hídricos, verificou-se a inexistência de mapeamentos ou estudos específicos que trouxessem descrição mais detalhada, no âmbito da escala do presente estudo, permanecendo lacunas quanto a essas informações. De acordo com Jacomine (2005), os tipos de solo situados nas margens de corpos hídricos, sob as formações ripárias variam muito em função do grau de hidromorfismo aos quais estão submetidos (ou não), e também da natureza do material orgânico. Estas variações existentes nos solos desde terrenos mais encharcados até os mais secos se refletem em diferentes formações vegetais. Onde ocorre encharcamento permanente, são comuns os organossolos, e em menor proporção os gleissolos e os neossolos quartzarênicos hidromórficos. Nos terrenos de várzeas mais altas, com drenagem boa ou

moderada, não sujeitas a encharcamentos, são comuns os neossolos flúvicos e os cambissolos. Nas situações intermediárias, onde há flutuação do lençol freático, são comuns os plintossolos.

f) Vegetação

De acordo com Veloso et al. (1991), a vegetação original da região está inserida nos domínios do bioma Mata Atlântica, tendo sido classificada como Floresta Estacional Semidecidual. Em um trabalho elaborado por São Paulo (1999), além da Floresta Estacional Semidecidual, do Cerrado e das áreas de tensão ecológica, utilizaram a denominação de banhados, para a vegetação nas áreas próximas aos rios.

De acordo com a metodologia proposta por IBGE (2012) e Veloso e Goes-Filho (1982), as formações florestais podem ser subdivididas com base na estrutura fisionômica, determinada pelas formas de vida dominantes. Para a região de estudo, considerando-se a região da Bacia do Alto Rio Paraná, duas formações podem ser reconhecidas, a Floresta Estacional Semidecidual Submontana e a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. E, segundo Campos e Souza (1997), especificamente para a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial, três agrupamentos podem ser identificados, o primeiro situado em solos altamente hidromórficos, o segundo situado em áreas mais enxutas e drenadas, e o terceiro situado em áreas sobre diques marginais.

g) Cobertura vegetal e Unidades de Conservação (UCs)

A região possui um histórico de devastação dos ecossistemas originais a partir da década de 50, quando a então denominada “Grande Reserva do Pontal”, situada entre os rios Paraná, Paranapanema e rio do Peixe, no extremo oeste do estado de São Paulo, que mantinha quase a totalidade de sua área com cobertura florestal, iniciou seu declínio devido aos desmatamentos progressivos para implantação de pastagens cultivadas, e em menor proporção para monoculturas de cana. Mais adiante, na década de 90 restavam apenas cerca de 2% dos 247.000 hectares de cobertura florestal na região, estando sua maior parte concentrada no Parque Estadual Morro do Diabo – PEMD, criado pelo decreto estadual 25.342 de 1986, com aproximadamente 34.000 hectares. A Estação Ecológica Mico-Leão Preto foi criada somente em 2002, abrangendo cerca de 5.500 hectares (DEAN, 1996). A

cobertura florestal da região naquela época somava cerca de 12.000 hectares, localizada nas propriedades privadas e UCs (VALLADARES-PÁDUA et al., 2002). O processo de remoção da cobertura florestal vindo do leste em direção ao oeste a partir da zona litorânea não se restringiu ao estado de São Paulo. Segundo Vazzoler (1997), no Paraná a destruição das matas iniciou-se a partir de 1930, quando surgiram grandes fazendas pelo Estado para a expansão da cafeicultura. No Mato Grosso do Sul os desmatamentos ocorreram do centro para o leste, devido grandes projetos agropecuários, principalmente bovinicultura e soja. Segundo Kronka et al. (2005), a cobertura de vegetação nativa na bacia do Rio Aguapeí era de 5,19%, na bacia do Rio do Peixe era de 5,34% e no Pontal do Paranapanema era de 6,73%, ou respectivamente 68.543,08 ha, 66.166,3 ha e 79.704,4 ha.

Atualmente os remanescentes florestais se limitam a fragmentos isolados de formações secundárias da Floresta Estacional e faixas estreitas e descontínuas associadas às formações ripárias, em estádios distintos de regeneração. As áreas naturais de maior representatividade são aquelas situadas em áreas protegidas, havendo contraste à montante (porção centro-norte) e à jusante (porção sul) da barragem de Porto Primavera. Na porção centro-norte, é nítida a carência de UCs, sendo o Parque Estadual do Morro do Diabo, que corresponde a uma área mais extensa abrigando a Floresta Estacional Semidecidual, encontra-se totalmente isolado (GOOGLE EARTH, 2013). As UCs destinadas à proteção de ecossistemas ribeirinhos surgiram somente meio século após um histórico de degradação, com a criação dos parques estaduais Aguapeí e Rio do Peixe, como parte de procedimentos de compensação ambiental decorrentes da construção da usina hidrelétrica Eng. Sérgio Motta (**Figura 2**). O Parque Estadual do Aguapeí (Decreto Estadual 43.269, de 02/07/1998) abrange 9.043,97 ha nos municípios de Castilho, Nova Independência, Guaraçaí, São João do Pau d'Alho, Monte Castelo e Junqueirópolis (SÃO PAULO, 2012a). Conectando-se a este, a Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN Foz do Aguapeí, com 13.953 hectares, situada nos municípios de Castilho, Paulicéia e São João do Pau d´Álho (São Paulo), encontra-se ainda em processo de criação. Juntos somam cerca de 23 mil hectares. O Parque Estadual do Rio do Peixe (Decreto Estadual 47.095, de 21/09/2002) abrange 7.720 ha nos municípios de Presidente Venceslau, Piquerobi, Dracena e Ouro Verde (São Paulo) (SÃO PAULO, 2012b). Juntas, estas UCs abrigam remanescentes de

ecossistemas de diferentes fitofisionomias, típicos das formações ripárias que compõem a planíicie de inundação do alto rio Paraná. Incluem, além de mata ciliar, formações de várzeas (vegetação de banhados e varjões), com espécies de hábitos arbóreo, arbustivo, subarbustivo, herbáceo e vegetação de macrófitas, apresentando estrutura variável, susceptíveis às inundações permanentes ou temporárias. Abrigam ainda Floresta Estacional Semidecidual em diferentes estádios de regeneração, cerrado e ecótones. Esses ecossistemas são utilizados como habitat por diversas espécies de aves e mamíferos, inclusive espécies raras, endêmicas e ameaçadas. E, por reunirem um conjunto de características que lembram o Pantanal mato-grossense, são conhecidos como Pantanal Paulista (SÃO PAULO, 2012b). A Reserva Particular do Patrimônio Natural - RPPN Cisalpina, também conhecida como reserva das fazendas Flórida e Cisalpina, situa-se no município de Brasilândia (Mato Grosso do Sul). Como RPPN abrange 6.261,75 ha, mas a unidade abriga 22 mil hectares de vegetação de transição entre várzeas e Cerrado. A unidade tem Plano de Manejo e o seu reconhecimento como RPPN encontra-se em análise para homologação pelos órgãos competentes (**Figura 2**). Comparativamente, a porção sul foi menos impactada pela construção da barragem de Porto Primavera. Embora territorialmente menor, é a que concentra áreas mais extensas de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial inseridas em UCs, e que possibilita hoje maior aproximação quanto às características originais dos ecossistemas da planície de inundação do alto rio Paraná, abrigando uma combinação de remanescentes de ecossistemas de áreas úmidas de diferentes fitofisionomias. Tais características tornaram a região conhecida popularmente como “Pantanal do Rio Paraná”. A Área de Proteção Ambiental - APA das Ilhas e Várzeas do Rio Paraná (Decreto Federal s/n. de 30/09/1997), UC de Uso Sustentável, abrange 1.005.180,71 ha. Compreende ilhas e ilhotas do rio Paraná, águas interiores, áreas lagunares, várzeas e áreas de terra firme que margeiam o rio Paraná. Em sua zona mais restritiva, sobrepõe-se ao Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima (Decreto Estadual 9.278, de 17/12/1998), UC de Proteção Integral de 73.345,15 ha. Juntas abrigam remanescentes de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e proporção bem menor de Cerrado em áreas de várzea (regionalmente denominados varjões) dos rios Ivinhema e Paraná, constituindo zona de ecótone sujeita a inundações periódicas, compreendendo o último trecho livre, sem represamento, do rio Paraná (**Figura 2**).

Nesse contexto, a região de estudo sobrepõe-se parcialmente a alguns municípios onde estas UCs estão inseridas (Paraná: Querência do Norte, Santa Cruz de Monte Castelo, Porto Rico, Nova Londrina e Diamante do Norte; Mato Grosso do Sul: Bataiporã, Taquarussu, Jateí e Naviraí; São Paulo: Rosana), ao longo dos rios Paraná, Bahia, Ivinheima, Curutuba e Poitã. O Parque Nacional da Ilha Grande, APA´s municipais, RPPN's, ESEC Caiuá, ESEC Mico Leão Preto não foram inclusas na região de estudo.

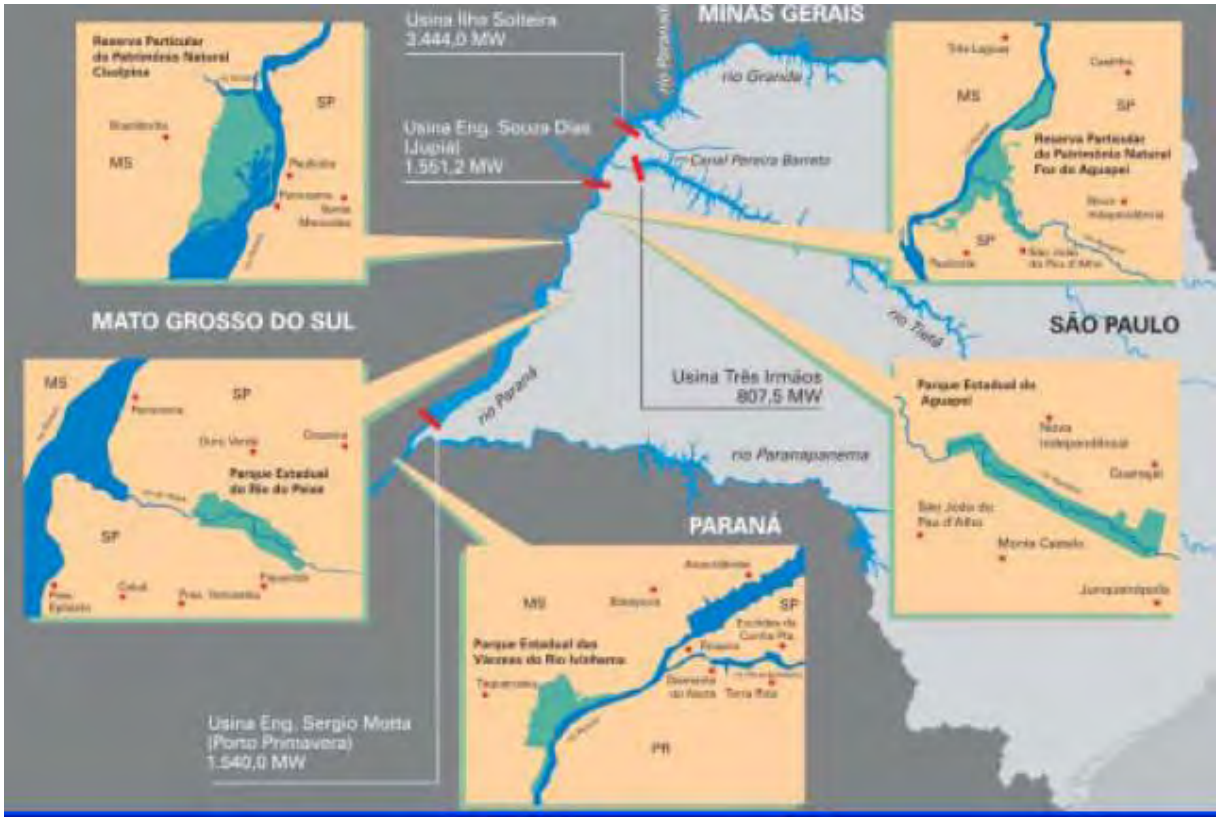

Figura 2 – Unidades de Conservação (UCs) criadas a partir de 1998 após a construção do reservatório de Porto Primavera: Pq. Est. Aguapeí (criado em 1998), Pq. Est. Várzeas do Rio Ivinheima (criado em 1998), Pq. Est. Rio do Peixe (criado em 2002), RPPN Foz do Aguapeí e RPPN Cisalpina (em processo de aprovação do Plano de Manejo) (Fontes: CESP, 2008; SÃO PAULO, 2012a, 2012b)

h) Susceptibilidade aos processos erosivos

Segundo Boin (2000), os solos no oeste paulista indicam alta sua suscetibilidade à erosão quando analisados quanto à caracterização física, relações litológicas e geomorfológicas. Considerando os tipos de solos existentes e sua associação com os fatores geológicos e do relevo, o autor obteve uma síntese indicativa destas relações, a partir do cruzamento dos temas geomorfologia e pedologia, gerando um mapa de fragilidade ambiental natural à erosão. Foi adotada

a hierarquização entre os temas cruzados em 5 classes de suscetibilidade à erosão, de muito baixa a muito alta. Para a região de estudo, no contexto da Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (UGRHI-22), Boin (2000) obteve as seguintes classes de fragilidade: muito alta 1,97%, alta 59,84%, média 37,06%, baixa 0,59% e muito baixa 0,54%. A fragilidade natural apontada em tais resultados indica a necessidade de manejos apropriados para a prevenção de processos erosivos.

i) Reservatório de Porto Primavera

Entre os anos de 1998 e 2001, grandes extensões de várzeas do rio Paraná com suas formações ribeirinhas ficaram submersas após a construção da usina hidrelétrica de Porto Primavera (UHE Eng.º Sérgio Motta), a qual funciona a fio d'água. As dimensões do reservatório alcançaram 250 km de extensão, 11,38 km de eixo da barragem, quase 750 km de perímetro sem os braços afluentes e quase 20 km de largura máxima. O enchimento do reservatório de Porto Primavera ocorreu em duas etapas, a primeira até a cota 253 (1998) e a segunda até a cota 257 (2001) e inundou uma área de 2.250 Km² ou 225 mil hectares, atingindo diretamente diversos municípios, tanto na margem direita (Mato Grosso do Sul) como esquerda (São Paulo) (COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS, 2009). No ano de 2001 foi implementado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) um programa de monitoramento das encostas marginais do reservatório da barragem de Porto Primavera, a partir da caracterização geológico-geomorfológica das áreas de interesse (IPT, 2001a, 2001b).

Entre os anos de 2007 e 2012 foi realizado um estudo intitulado "Estudo de alternativas de proteção para o controle de erosão das margens da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera)" no âmbito do projeto CESP-IPT (P&D Aneel nº 0061-013/2006) (IPT, 2012). A partir das observações durante os trabalhos de campo e das informações obtidas no âmbito do referido projeto, os processos erosivos nas margens do reservatório de Porto Primavera foram descritos mais adiante (**Item 2.3** - Resultados e Discussão), que traz resumidamente um diagnóstico preliminar das margens de corpos hídricos navegáveis da região de estudo.

2.2.2 Conceitos e critérios para seleção de espécies potenciais

Tanto a proteção do solo para o controle da erosão como as práticas que visam a restauração ecológica e conservação da biodiversidade devem caminhar numa única direção. Em seu sentido amplo, a seleção de espécies potenciais não deve simplesmente buscar espécies para o controle da erosão como um fim em si mesmo, assim como a restauração ecológica não deve focar apenas na comunidade vegetal arbórea ignorando os demais hábitos e formas de vida, apesar dos custos envolvidos. Assim, conforme o nível e fatores de degradação, obstáculos e/ou dificuldades encontradas, e, buscando-se recuperar os serviços ecossistêmicos proporcionados pela cominidade vegetal, propõe-se que a seleção de espécies potenciais para fins de controle de erosão e restauração em sua fase inicial seja tratada separadamente das demais etapas teóricas:

Etapa 1 - Visa restabelecer os serviços ecossistêmicos de suporte, além da mitigação dos fatores de degradação do solo e controle de espécies exóticas invasoras, preparando as condições e facilitando para que se dê prosseguimento às etapas subsequentes (curto a médio prazo): buscar a formação, proteção e recuperação física, química e biológica do solo, por meio do controle da erosão e retenção de sedimentos, retenção e infiltração hídrica, produção primária, *input* de matéria orgânica (serapilheira) e ciclagem de nutrientes, o favorecimento ao desenvolvimento da micro e mesofauna do solo; introduzir espécies nativas pioneiras facilitadoras dos diferentes hábitos, de crescimento rápido, boas produtoras de serapilheira, fornecedoras de nutrientes (leguminosas nodulíferas), boas sombreadoras (desenvolvimento de copa densa), bem adaptadas ou menos exigentes quanto às condições edáficas.

Etapa 2 - Visa restabelecer os serviços ecossistêmicos de suporte e regulação, além da estruturação da comunidade vegetal após a minimização e/ou controle dos fatores de degradação, preparando as condições para favorecer a etapa subsequente (médio prazo): introduzir espécies arbóreas pioneiras de porte médio ou acima e secundárias iniciais de crescimento intermediário; fornecedoras de atrativos e recursos para a fauna polinizadora e dispersora;

Etapa 3 - Visa restabelecer os serviços ecossistêmicos de regulação, com a consolidação da comunidade vegetal (longo prazo): introduzir espécies secundárias tardias e clímax que permanecerão na comunidade, não somente de hábito arbóreo,

mas também arbustivo e trepador, aumentando a diversidade de espécies da comunidade vegetal; oferecer recursos e atrativos para a fauna estimulando as interações animal-planta e a conservação da biodiversidade, inclusive de espécies raras e ameaçadas, visando a restauração ecológica do ecossistema e sua sustentabilidade.

Portanto, para o presente capítulo, é importante esclarecer que os critérios de seleção de espécies serão focados apenas na Etapa 1.

No âmbito da Etapa 1 diversos critérios podem ser considerados para a seleção de espécies potenciais quando o objetivo abrange não apenas a realização de testes visando o controle de erosão e sedimentação, mas também a restauração de margens de corpos hídricos. E, diante da falta de metodologia no Brasil, propõe-se a adoção dos seguintes critérios:

1) Origem e classificação dos táxons (domínio fitogeográfico/ ecossistema)
2) Ambiente de ocorrência dos táxons (água, luz, substrato)
3) Hábito, grupo (ecológico/ funcional) e ciclo de vida
4) Hábito de crescimento e morfologia (sistema aéreo e radicular)
5) Interações com microorganismos fixadores de N_2 (nodulação)
6) Facilidade de propagação (germinação de sementes, e formação de mudas)
7) Fornecimento de recursos e interações com a fauna (atrativos)

Após revisão de diversos trabalhos junto à literatura, propõs-se uma estrutura metodológica que relacionasse e interligasse, para cada “critério de seleção” proposto, suas respectivas “características/atributos das espécies” (ou indicadores qualitativos/ quantitativos), respectivas “funções” (ou indicadores de desempenho das espécies) e serviços (ou resultados), de modo a facitar a seleção de espécies potenciais para um determinado objetivo de controle de erosão, recuperação do solo e restauração, identificando-se causas (atributos) e efeitos (funções + serviços) no ecossistema.

As características (ou atributos) das espécies, na forma de descritores, podem posteriormente serem devidamente detalhados conforme os objetivos de cada experimento, e convertidos em indicadores (qualitativos/ quantitativos), como no caso dos atributos relativos à morfologia do sistema aéreo e radicular e hábitos de

crescimento, que requerem descrição mais detalhada de mensurações em campo ou por meio de modelagem. As “funções” corresponderiam aos indicadores de desempenho executado para cada espécie, em relação a determinados objetivos específicos. Tais indicadores devem serem convertidos posteriormente em medidas mensuráveis que possibilite avaliação objetiva do desempenho de cada função. Os “serviços” se referem ao resultado da soma ou combinação dos efeitos produzidos pela atuação das várias “funções” exercidas pelas características (atributos) das espécies à partir dos critérios de seleção estabelecidos, num contexto mais abrangente na escala de tempo e espaço para o controle de erosão e restauração. Alguns exemplos estão apresentados a seguir (**Tabela 1**)

Tabela 1 – Estrutura metodológica simplificada com descritores, funções e serviços para auxiliar a definição de critérios de seleção de espécies potenciais.

Critério de seleção	Descritores	Funções	Serviços ecossistêmicos
Exemplos: • Hábito de crescimento • Morfologia • Ciclo de vida • Grupo ecológico • Grupo funcional	Exemplos: • Características dos hábitos, atributos • Características das espécies, atributos	Exemplos: • Melhorias para a estrutura física do solo • Melhorias para a composição química, pH e nutrientes do solo • Melhorias para a biota do solo	Exemplos: • Controle de erosão; • Recuperação do solo; • Recuperação da biodiversidade
	Indicadores		
	Exemplos: • Diâmetro de copa • Percentual de recobrimento vegetal	Exemplos: • Redução da velocidade do *runoff* • Redução da profundidade do *runoff*	Exemplos: • Redução de perda de solo • Redução de sedimentação

2.2.3 Levantamento de informações na literatura e coleta de dados em campo

A partir dos critérios propostos para seleção de espécies potenciais (Etapa 1) para a realização de experimentos visando o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos, procurou-se realizar um levantamento de informações para 43 táxons elencados para análise, com base na literatura e trabalhos de campo (quando possível).

a) Diagnóstico preliminar das margens de corpos hídricos

Entre os anos de 2007 e 2010 foi feito um diagnóstico preliminar das margens dos corpos hídricos, onde foram considerados os processos erosivos nas encostas do reservatório e alguns aspectos gerais dos ecossistemas ribeirinhos dos afluentes do rio Paraná (tipo de vegetação, composição florística da comunidade florestal arbórea e processos erosivos). Foram percorridos os trechos situados ao longo das margens e foz do rio Paraná, reservatório de Porto Primavera, ilhotas e alguns afluentes navegáveis, desde Castilho – SP (margem direita do reservatório) e Três Lagoas – MS (margem esquerda do reservatório) ao norte, até Jateí – MS (margem direita do rio Paraná) e Querência do Norte (margem esquerda do rio Paraná) ao sul. Mais detalhadamente, os trechos analisados foram seguintes: a) rio Paraná e ilhotas: à jusante da UHE de Porto Primavera até o canal do Curutuba; b) rio Paranapanema: à jusante da UHE de Rosana até a foz; c) rio Ivinheima: a partir do canal do Curutuba, próximo ao Porto XVIII no rio Paraná, sentido porto Peroba, até o canal do Poitã, a partir do Canal do Curutuba no sentido da foz, por cerca de 5 km; d) rio Bahia: à jusante da barragem da usina de Primavera, em toda a sua porção atualmente navegável, com acesso pela BR-376; e) córrego do Cateto: na altura a área de empréstimo da usina de Primavera, em seu trecho navegável até a foz; f) rio Verde: à jusante da ponte da rodovia MS-395 até a foz; g) rio Aguapeí: à jusante da ponte da BR-158 até a foz; h) rio do Peixe: à jusante da ponte da BR-158 até a foz; i) reservatório de Porto Primavera: na margem direita: trechos à montante da barragem de Primavera, entre os córregos do Cateto e Três Barras, próximo à foz dos córregos Quiterói e Quiteroizinho em Anaurilândia, próximo à foz do rio Pardo em Bataguassú, à montante da ponte da MS-040 em Brasilândia; na margem esquerda: trechos à montante da barragem de Primavera em Rosana, próximo à foz do rio Santo Anstácio e Campinal em Presidente Epitácio, entre Panorama e Paulicéia, ilhotas próximas a Presidente Epitácio e Panorama.

b) Levantamento preliminar de espécies vegetais em diques marginais

Tendo como premissa percorrer a maior extensão possível das margens de corpos hídricos navegáveis na região de estudo para a realização de um levantamento preliminar para avaliação de espécies potenciais, optou-se pela não aplicação do método de parcelas, adotando-se o seguinte procedimento nos trechos avaliados, baseado em **Tanaka (2002)**. A cada 05 minutos navegados era feita a verificação quanto à ocorrência (presença ou ausência) de espécimes botânicos nos

diques marginais. Foram aplicados os seguintes critérios de pré-seleção: espécies de hábitos herbáceo, subarbustivo, arbustivo e trepador tiveram prioridade, assim como espécies nativas, com preocupação de inclusão de um percentual de leguminosas, e também de gramíneas e afins. Espécies reconhecidas como exóticas eram consideradas à parte sempre que possível, e, macrófitas flutuantes livres ou enraizadas eram desconsideradas. Para cada trecho era feita a quantificação por espécie, com a soma de todos os trechos percorridos ao final. Conforme o percentual de ocorrência no total de pontos avaliados por corpo hídrico, cada espécime botânico foi registrado conforme a frequência de ocorrência em cada ponto. Foram dados pesos de 1 a 5 conforme o percentual obtido quanto à frequência de ocorrência, com as seguintes denominações: ausente (0% = peso 0), raro (1 a 10 % = peso 1), esporádico (11 a 20 % = peso 2), ocorrência média (21 a 30 % = peso 3), comum (31 a 50 % = peso 4), muito comum (> 50 % = peso 5).

O registro das espécies, análise de suas características, coleta de material botânico para identificação, coleta de propágulos e registros das observações do meio físico foram realizados entre os anos de 2007 e 2011, com uso de embarcação de pequeno porte e caminhonete tracionada, percorrendo-se os mesmos trechos citados no item anterior (**Item a**).

Considerando-se as extensas áreas de diques marginais afetadas por processos erosivos e solapamento na região de estudo, com desenraizamento e queda de indivíduos arbóreos inteiros, principalmente nas margens do reservatório de Porto Primavera, e em menor proporção nas margens dos seus afluentes, espécimes nativas de hábitos herbáceo, subarbustivo, arbustivo, arbustivo-arbóreo e trepador com ocorrência nos diques marginais tiveram prioridade para coleta e análise, devido à falta de estudos em comparação com de hábito arbóreo. O material botânico de espécimes arbóreas também foi coletado para identificação taxonômica para fins de diagnóstico dos trechos analisados. As definições e conceitos de cada um dos hábitos foi baseada parcialmente em IBGE (2012), com algumas modificações, conforme apresentado ao final no item Glossário.

Cabe mencionar que os trabalhos de campo sofreram alguns fatores e/ou limitações, tais como a acessibilidade aos locais de interesse, imprevisibilidade das

condições meteorológicas, extensão da região de estudo e distâncias entre locais de coleta, disponibilidade de apoio logístico e de pessoal para apoio nas expedições a campo.

A identificação taxonômica dos espécimes botânicos elencados para análise foi realizada a partir de comparação de exsicatas e consultas ao Herbário da ESA - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz e consultas a trabalhos disponíveis na literatura. Particularmente no caso da família Poaceae, a identificação foi realizada por taxonomista de Poaceae do Herbário da Universidade Estadual de Maringá – HUEM.

As coletas incluíram tanto o material para identificação taxonômica dos espécimes botânicos, como as de propágulos para a realização de experimentos com sementes e plântulas, conforme apresentados no Capítulo 3.

c) Origem e classificação dos táxons

Após a identificação taxonômica dos espécimes botânicos, buscou-se junto à literatura o enquadramento das espécies quanto à origem, com foco principal em espécies nativas dos biomas Mata Atlântica e também do Cerrado.

A análise dos 43 táxons visando a seleção de espécies potenciais foi realizada com base nos conceitos e terminologias reconhecidas em escala internacional preconizados por Pyšek et al. (2004), Preston et al. (2002 apud PYŠEK et al., 2004), Richardson et al. (2000 apud PYŠEK et al., 2004), aceitos e divulgados para aplicação no Brasil por Moro et al. (2012), nos quais alguns autores sugerem uma padronização na terminologia utilizada para espécies nativas (ou indígenas ou autóctones), exóticas (ou alienígenas, introduzidas, não nativas, não indígenas), exóticas casuais, naturalizadas (ou plantas estabelecidas), invasoras, ruderais, daninhas (pestes) e transformadoras. Particularmente no caso de espécies nativas, propõe-se uma complementação não mencionada por esses autores, que seria das espécies nativas agressivas (VAN DERSAL, 1939 apud ESTADOS UNIDOS, 2006). Todas as definições e conceitos estão apresentados ao final, no item Glossário.

As informações quanto à origem das espécies foram embasadas em referências de trabalhos apresentados em escala nacional por espécie, uma vez em escala regional, nos estudos sobre a composição florística e fitossociologia,

concentrados na região de Porto Rico (PR), porção sul da região de estudo, abordagens sobre a origem das espécies discriminando-as como nativas ou exóticas foram escassas. Alguma informação isolada foi encontrada em estudos pontuais ou em trabalhos expeditos, como de Planos de Manejo das UCs, não tendo sido encontrados estudos específicos.

d) Ambiente de ocorrência dos táxons

Com base em registros de campo, as espécies foram descritas quanto ao ambiente/ zona de ocorrência, enquadradas conforme o tipo de vegetação predominante e a disponibilidade hídrica do solo.

Os tipos de vegetação/ ambientes analisados abrangeram matas ciliares, formações de várzea, áreas perturbadas e antropizadas.

As categorias quanto ao gradiente de disponibilidade hídrica do solo não puderam ser subdivididas com base em dados quantitativos por meio do uso de aparelhos de mensuração, devido às limitações de tempo, tendo sido descritas visualmente, com base em IBGE (2007). Inicialmente as espécies foram enquadradas nas categorias não alagável, alagável e alagado, procurando-se descrever a zona e/ou o ambiente de ocorrência para cada trecho analisado das margens dos corpos hídricos.

A consideração como macrófitas aquáticas seguiu a definição de Cook (1974), para vegetais vasculares cujas partes fotossinteticamente ativas estão permanente ou por meses submersas ou flutuantes em água e são visíveis a olho nu. A definição de macrófitas aquáticas segundo Esteves (1988) foi considerada demasiadamente ampla por incluir vegetais que ocorrem em ambientes úmidos de uma forma geral, desde brejos até ambientes verdadeiramente aquáticos. A subdivisão nas formas biológicas anfíbia, emergente e epífita proposta por Irgang et al. (1984) não pôde ser detalhada.

e) Hábito, grupo (ecológico/ funcional) e ciclo de vida

Para o presente estudo, optou-se por incluir na análise de espécies potenciais para o controle de erosão e restauração somente os táxons identificados em nível de espécie e gênero, consideradas pioneiras, herbáceas, subarbustivas, arbustivas, arbustivo-arbóreas e lianas. As arbóreas não pioneiras e pioneiras com altura

superior a 5 m e/ou DAP maior que 10 cm não foram analisadas. As arbóreas de pequeno porte, embora de interesse, não puderam ser inclusas devido às dificuldades de tempo para análise. Os conceitos e terminologias adotados para árvore, arbusto, subarbusto, erva e liana foram baseados em IBGE (2012), porém, com alguns ajustes, conforme apresentado ao final, no item Glossário.

f) Hábito de crescimento e morfologia (sistema aéreo e radicular)

A análise dos 43 táxons quanto ao hábito de crescimento e morfologia do sistema aéreo foi realizada com base nas observações durante os trabalhos de campo. O sistema radicular não foi incluso na análise devido a limitações de tempo. Parte dos conceitos e terminologia adotados quanto ao hábito de crescimento e morfologia foram baseados em IBGE (2012).

g) Interações com microorganismos fixadores de N2 (nodulação)

A avaliação dos 43 táxons quanto à interação com os microorganismos fixadores de N2 foi realizada com base em dados da literatura.

h) Facilidade de propagação (germinação de sementes, e formação de mudas)

O potencial de propagação para os 43 táxons submetidos a analise não puderam ser levantadas. Entretanto, para os táxons cujas sementes puderam ser coletadas, algumas informações preliminares quanto às possibilidades de propagação por meio de sementes (para semeadura direta) e formação de mudas (para plantio de mudas) foram levantadas a partir de testes em viveiro e laboratório, apresentadas no capítulo 3.

i) Fornecimento de recursos e interações com a fauna (atrativos)

As informações sobre o potencial de fornecimento de recursos alimentares, abrigo e outras interações com a fauna foram levantadas junto à literatura.

2.3. Resultados e Discussão

2.3.1 Diagnóstico dos trechos analisados

a) Reservatório de Porto Primavera e ilhotas

Como ilustrado anteriormente na **figura 1 A** e **B**, houve um avanço significativo das águas do Reservatório sobre extensas áreas ocupadas principalmente por pastagens cultivadas, com a formação de margens artificiais e instáveis. Devido à extensão significativa da lâmina d'água, os ventos sopram constantemente gerando ondas na direção das encostas, cujas dimensões e frequências têm provocado constante erosão por solapamento, com consequente recuo das margens e assoreamento. Esse problema tem sido agravado por fatores como erodibilidade dos solos da região, formação geológica, clima, tipo de uso e ocupação do solo.

A margem esquerda do reservatório está mais próxima ao leito original do rio Paraná, ou seja, as águas são mais profundas e as ondas que incidem na margem tendem a serem maiores, já que não encontram obstáculos no fundo para que parte da energia seja dissipada. Por outro lado, verificou-se que ocorrem locais onde o arenito aflora, oferecendo maior resistência ao processo erosivo por embate de ondas, o que não ocorre na margem direita, onde os solos são predominantemente coluvionares e, portanto, mais erodíveis. Na margem direita, o embate de ondas, que normalmente desagrega o solo no primeiro meio metro de altura acima do nível d'água, ou seja, na base das encostas, ocasiona a desestruturação e o solapamento destas, cuja altura é variável, atingindo mais que 10 m conforme o local. Verificou-se que esse processo é aparentemente contínuo, sendo que a vegetação tenta manter-se no que restou do bloco caído, mas este é rapidamente desestruturado por sucessivos embates de ondas, permanecendo o sedimento instável e arenoso, que contribui para o assoreamento (**Figura 3A**).

Na margem direita do reservatório, além das diferenças na formação geológica, aparentemente há diferenças topográficas que dificultam a propagação de ondas a partir de determinada magnitude. Isso se deve ao fato de que as águas represadas avançaram sobre terrenos de declividade suave, assemelhando-se à configuração de praia, sendo que, ondas muito grandes tendem a perder energia, pois se rompem à medida que se afastam do leito original do rio em direção à margem mais rasa. Entretanto, apesar das ondas serem menores, o processo denota ser quase contínuo, uma vez que os ventos de NE são predominantes e as ondas incidem na margem direita muita frequência. Os latossolos e argissolos de formações coluvionares não resistem ao processo erosivo, com consequente solapamento das encostas (**Figura 3B**).

Figura 3 - Erosão e solapamento na margem direita do reservatório de Porto Primavera: (A) margem com mais de 10 m acima do nível d'água (ago. 07); (B) margem com 2-3 m: notar configuração em meia-lua, resultante de ondas que incidem obliquamente (out. 07). (Fotos: Hirose, A.)

Ainda com base em trabalhos de campo, a vegetação remanescente, que outrora se mantinha em local mais protegido, normalmente acima da cota 258, nem sempre consegue se sustentar, sendo frequentes as situações em que blocos inteiros com vegetação enraizada, muitas vezes até com árvores inteiras cedem ao serem fatiados pelo processo de solapamento (**Figura 4A**). O mesmo processo se repete mesmo em áreas com algum reflorestamento, uma vez que o embate de ondas atinge o solo desprotegido no primeiro metro acima do nível d'água, na base das encostas (**Figura 4B**).

Percorrendo-se ambas as margens do reservatório e obsevando-se imagens de satélite, foram verificados no entorno das margens dos corpos hídricos extensas áreas ocupadas predominantemente por pastagens. Segundo Casagrande e Reis-Duarte (2006), quando a vegetação florestal é retirada, o ciclo é interrompido, pois o solo não recebe mais a adição de nutrientes e matéria orgânica.

Figura 4 - Processos erosivos e solapamento provocado por embate de ondas na margem direita do reservatório de Porto Primavera (Anaurilândia, abr. 08): (A) área de mata remanescente; (B) faixa reflorestada em área de pastagem. (Fotos: HIROSE, A.)

Um dos efeitos negativos do pisoteio constante do gado é a redução da capacidade de infiltração da água da chuva no perfil do solo pelo aumento na sua compactação, resultando em aumento do escoamento superficial, perdas por erosão e lixiviação, com conseqüente assoreamento e eutrofização dos cursos d'água. Outro problema comum que contribui para acelerar os processos erosivos foi a falta de controle do acesso do gado para dessedentação, causando pisoteios constantes nas margens devido às "descidas" e "subidas", somando-se ao processo de erosão hidrológica pelo embate de ondas (**Figura 5 A** e **B**).

Figura 5 – (A e B): Processos erosivos múltiplos em área de pastagem na margem esquerda do reservatório de Porto Primavera. Notar influência do pisoteio do gado (Rosana, ago. 07) (Fotos: Hirose, A.)

Os monocultivos, embora representem menor proporção das matrizes de ocupação, também sofrem problemas de manejo inadequado, somando-se aos desmatamentos, escassez de vegetação nativa de Reserva Legal e do não-cumprimento de plantios compensatórios de licenciamentos ambientais. Todos em conjunto contribuem para o aumento de fluxo hídrico superficial, com formação de enxurradas e transporte de sedimentos na direção dos corpos hídricos, além de formação de voçorocas. Particularmente nas margens dos corpos hídricos foram verificadas ainda outras atividades irregulares que contribuem para a degradação dos ecossistemas ribeirinhos, tais como a construção de edificações, loteamentos e ocupações irregulares, atividades predatórias de turismo, pesca e caça, queimadas criminosas, formando por fim um conjunto de vetores de pressão antrópica sem atuação efetiva por parte das autoridades e órgãos competentes, bem como contribuição da sociedade como um todo.

No entorno do reservatório de Porto Primavera, ocorreram poucas áreas remanescentes de vegetação da planície de inundação do Alto Paraná, uma vez que esta ficou submersa pelo represamento que ocasionou elevação de 17 metros acima do nível d'água original, até atingir a cota atual de 257 m.

Verificou-se predomínio de pastagens e menor proporção de áreas agrícolas, sendo que os remanescentes de vegetação original ficaram restritos a algumas áreas na margem direita e em menor proporção nas ilhotas. Na margem esquerda quase não foram encontrados remanescentes representativos.

Na margem direita, o remanescente mais representativo corresponde àquele situado na RPPN Cisalpina em Brasilândia. A vegetação de mata ciliar mostrou-se vulnerável à ação das ondas nos trechos das margens (**Figura 6 A**). No entorno de algumas porções de terreno da planície de inundação que se mantiveram emersos mesmo após o represamento do rio Paraná, verificou-se a presença de árvores mortas nos trechos mais rebaixados em decorrência da inundação (**Figura 6 B**). Essas porções do terreno, juntamente com algumas ilhotas, atuam como barreiras aos ventos de NE e S, protegendo outros trechos da margem à montante da ponte da MS-040, onde a vegetação mostrou-se mais protegida da ação das ondas.

Nos trechos analisados, as áreas de vegetação integram-se a extensas áreas de ecótone da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com o Cerrado, formando mosaicos com a vegetação de várzea e banhados, ao mesmo tempo em que sofre pressões de vetores antrópicos, sendo um deles a criação de gado. A mata ciliar apresentou-se em estádio sucessional médio a avançado.

Compondo o estrato arbóreo em trecho mais protegidos, as espécies mais comuns foram embaúba *(Cecropia pachystachya),* ingá-açú (*Inga vera),* aroeirinha (*Schinus terebentifolius*), figueira-branca *(Ficus sp),* jerivá *(Syagrus romanzoffiana),* sangra-d'água *(Croton urucurana),* candiúba (*Trema micrantha)*, leiteiro *(Sapium longifolium*), grão-de-galo *(Celtis iguanae)*, farinha-seca (*Albizzia hasslerii),* leiteirão (*Sapium haematospermum)*, açoita-cavalo-miudo *(Luehea divaricata),* ingá-miúdo (*I. fagifolia),* peito-de-pombo (*Tapirira guianensis),* farinha-seca (*Albizzia hasslerii),* pau-formiga (*Triplaris brasiliana),* quaresmeira *(Melastomataceae)*, e representantes do Cerrado, tais como pimenta-de-macaco (*Xilopia aromatica*), bacuri (*Attlalea phalerata),* tucum (*Bactris glaucescens*), óleo-de-copaíba *(Copaifera langsdorfii),* lixeira *Curatella americana),* pau-terra *(Qualea sp)* e outras.

Figura 6 – (A) Trecho de mata na sofrendo por solapamento nas margens; (B): Trecho de margem inundada com árvores mortas. (margem direita do reservatório em Brasilândia, ago. 07). (Fotos: HIROSE, A.)

Nas ilhotas os processos erosivos foram muito semelhantes aos observados nas margens do reservatório. Principalmente onde o "fetch" é maior e não há barreiras físicas tendem a ficar mais expostas às correntes de ventos e embate de ondas. No caso das ilhotas muito próximas entre si ou onde há estreitamento do reservatório, as margens tendem a ficar menos expostas às ondas, favorecendo a colonização e/ou ocorrência das espécies. Nas illhas, as matas ciliares passam por processo de reestruturação e regeneração natural, observando-se os estádios sucessionais inicial, médio e avançado. Nas bordas houve predominância de trepadeiras/ lianas, espécies pioneiras, ocorrendo muitas árvores mortas e caídas, em decorrência da inundação (**Figura 7**).

Figura 7 – Trecho de mata na margem recoberta por trepadeiras/ lianas em ilhota próxima a Presidente Epitácio (dez.10). (Foto: Hirose, A)

Compondo o estrato arbóreo nas ilhotas foram observadas embaúba *(Cecropia pachystachya),* leiteiro *(Sapium longifolium*), sangra-d'água *(Croton urucurana),* ingá-açú (*Inga vera),* monjoleiro (*Acacia polyphylla),* angico-preto *(Anadenanthera sp),* angico-branco *(Anadenanthera macrocarpa),* leiteirão (*Sapium haematospermum)*, peito-de-pombo (*Tapirira guianensis),* bacuri (*Attlalea phalerata),* farinha-seca (*Albizzia hasslerii).*

b) Rio Paraná e ilhotas

A vegetação nas margens do rio Paraná e ilhotas nos trechos analisados constituíram-se de matas ciliares e formações de várzea. Embora situada em zona de ecótone, visualmente as espécies da floresta estacional semidecidual aluvial foram mais comuns do que as do Cerrado.

As matas ciliares apresentaram-se muito fragmentadas ou restritas a faixas estreitas, com muitas clareiras em ambas as margens, sob intensa pressão de ocupação para pastagens, agricultura, pesca e outras atividades antrópicas, principalmente em sua margem esquerda. Ocorreram desde fragmentos maiores com vegetação densa, em estádio sucessional médio a avançado, faixas de mata ciliar formando cordões densos, ao mesmo tempo em que ocorreram fragmentos de tamanho reduzido, com muitas clareiras em processo de regeneração natural e áreas perturbadas.

Compondo o estrato arbóreo, as espécies mais comuns nos diques marginais foram embaúba *(Cecropia pachystachya),* grão-de-galo *(Celtis iguanae),* sangra-d'água *(Croton rucurana),* ingá-açú (*Inga vera),* além de figueira-branca *(Ficus sp),* canelinha *(Nectandra saligna),* ingá-miúdo (*Inga fagifolia),* pau-formiga (*Triplaris brasiliana),* sabão-de-soldado *(Sapindus saponaria),* candiúba (*Trema micrantha)*, farinha-seca (*Albizzia hasslerii),* canafístula *(Peltophorum dubium),* dentre outras menos frequentes como jenipapo (*Genipa americana*), tarumã (*Vitex motevidensis)*. Em áreas dos diques marginais menos susceptíveis às inundações ocorreram mutambo *(Guazuma ulmifolia)*, monjoleiro (*Acacia polyphylla),* marinheiro *(Guarea macrophylla),* óleo-de-copaíba *(Copaifera langsdorfii), jatobá (Hymenaea courbaril),* amendoim-do-campo (*Pterogine nitens), capixingui (Croton floribundus),* leiteiro *(Sapium longifolium),* leiteirão (*Sapium haematospermum)*, ingá-seco *(Zigia cauliflora), tamboril (Enterolobium contortisiliquum),* angico-preto *(Anadenanthera*

sp), angico-branco *(Anadenanthera macrocarpa),* pau-d'alho *(Gallesia integrifólia),* peroba-rosa *(Aspidorsperam polyneuron),* jequitibá *(Cariniana estrelensis),*dentre outras.

Os processos erosivos observados nas margens, mesmo na presença de matas ciliares são decorrentes da ação erosiva do rio Paraná, principalmente nos trechos mais próximos da usina de Porto Primavera à jusante da barragem. Apesar da usina funcionar a fio d'água, nos meses mais chuvosos os vertedouros se abrem lançando uma carga superior, tanto em termos de volume hídrico como de energia, àquela enfrentada pelo rio anteriormente ao seu barramento. Além da oscilação sazonal no nível d'água e na vazão ao qual o rio estava habituado, a energia dissipada nas margens provocam erosão e "lavagem" das raízes das espécies arbóreas (**Figura 8 A, B, C, D**). Os processos erosivos superficiais ocorrem nos trechos sem mata ciliar ou muito perturbados (**Figura 8 E, F**).

c) Rio Paranapanema

A vegetação das margens do rio Paranapanema no trecho analisado é constituída de matas ciliares e formações de várzea. Embora situada em zona de ecótone, visualmente as espécies da floresta estacional semidecidual aluvial foram mais comuns do que as do Cerrado. A vegetação apresentou-se restrita a faixas bastante estreitas, com muitos recortes e clareiras em ambas as margens. Na margem esquerda do rio sofre pressão das ocupações por pastagens cultivadas e áreas agrícolas, enquanto na margem direita as várzeas são utilizadas para criação clandestina de gado. A mata ciliar apresentou fisionomia densa, em estádio sucessional médio a avançado, porém, descontínua, com trechos em processo de regeneração, muitas clareiras e trechos perturbados.

Compondo o estrato arbóreo nas bordas das matas ciliares, as espécies mais comuns foram embaúba *(Cecropia pachystachya),* ingá-açú (*Inga vera),* sangra-d'água *(Croton rucurana),* figueira *(Ficus sp),* canafístula *(Peltophorum dubium),* candiúba (*Trema micrantha)*, mutambo *(Guazuma ulmifolia)*, pau-formiga (*Triplaris brasiliana),* monjoleiro (*Acacia polyphylla),* grão-de-galo *(Celtis iguanae),* ingá-miúdo (*Inga fagifolia),* canelinha *(Nectandra saligna),* marinheiro *(Guarea macrophylla),* dentre outras.

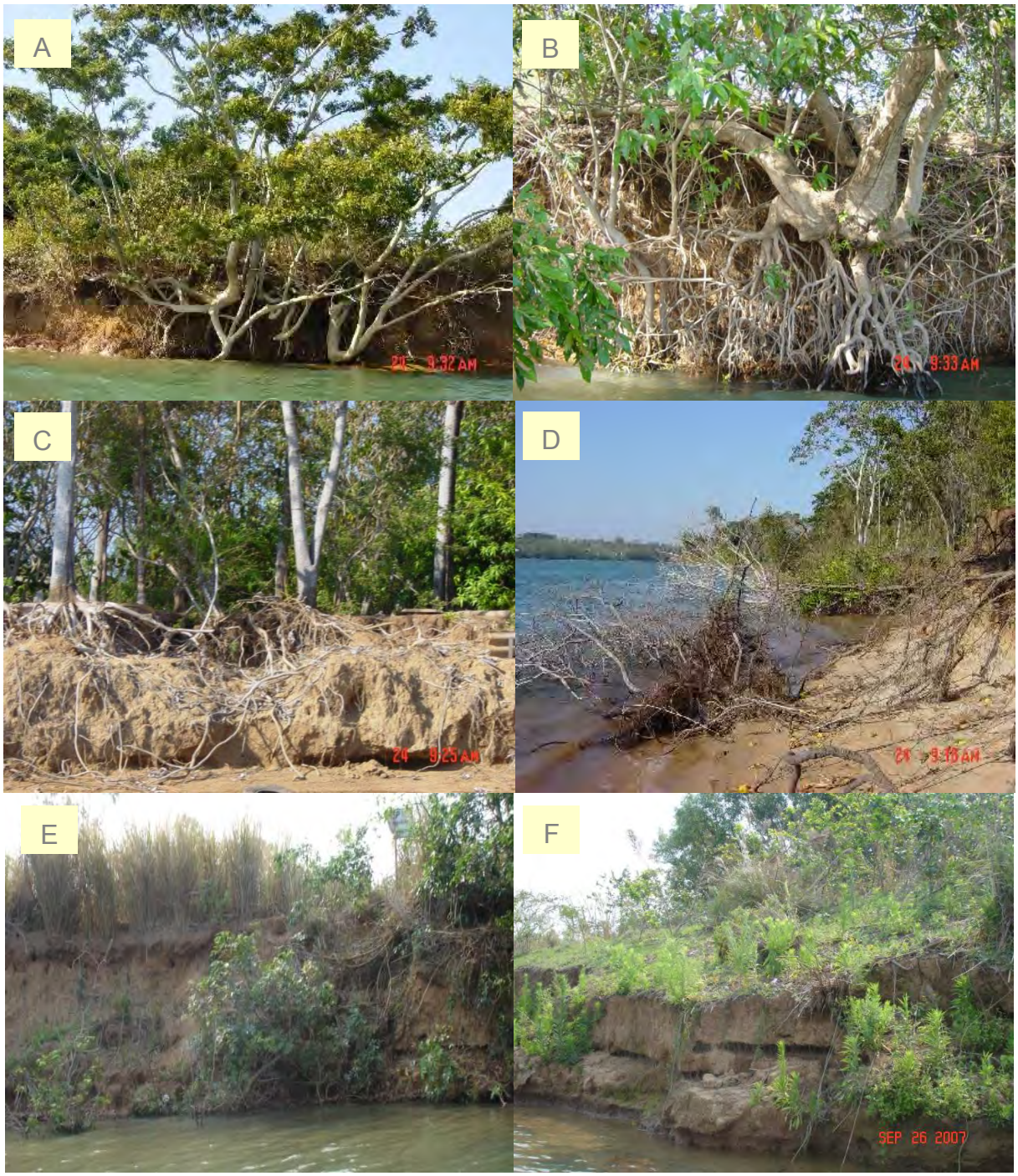

Figura 8 – Trechos erodidos da margem do rio Paraná à jusante da barragem da usina de Porto Primavera (ago-set. 07). (A, B, C, D) Notar que as raízes das espécies arbóreas vão sendo lavadas, chegando a ser derrubadas, mesmo na presença de mata ciliar; (E, F) Trechos sem mata ciliar em local sob menor influência da vazão do rio, próximo ao canal da eclusa. (Fotos: HIROSE, A.)

Os processos erosivos de causa fluvial são semelhantes aos observados no rio Paraná devido ao reservatório e à usina de Rosana, porém, em menor escala (**Figura 9**).

Figura 9 – Trecho erodido da margem do rio Paranapanema em Rosana (nov.10). (Foto: HIROSE, A.)

d) Rio Verde

O trecho da foz do rio Verde apresentou-se com o nível d'água acima do normal devido ao represamento do rio Paraná, com alterações em seu leito original e em sua morfologia. Apesar de trechos favorecidos devido à topografia mais acidentada, verificou-se a ocorrência de zonas parcialmente inundadas (**Figura 10 A e B**).

Verificou-se que em sua margem esquerda, os remanescentes de mata ciliar restringem-se a alguns fragmentos estreitos com predomínio de áreas de pastagens. Em sua margem direita ocorrem bacurizais, sendo que a mata ciliar se estende reserva adentro se integrando a áreas extensas de ecótone da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com o Cerrado, formando mosaicos com a vegetação de várzea e banhados. Apesar de estar inserida em grande parte na RPPN Cisalpina, sofre pressão de ocupação e usos antrópicos, sendo um deles a criação de gado.

Compondo o estrato arbóreo nas bordas da mata ciliar, algumas espécies foram mais comuns, tais como as palmeiras bacuri (*Attlalea phalerata)* e tucum (*Bactris glaucescens*), ingá-açú (*Inga vera),* embaúba *(Cecropia pachystachya),* além de outras em menor proporção, como farinha-seca (*Albizzia hasslerii),* ingá-miúdo (*I. fagifolia),* grão-de-galo *(Celtis iguanae)*, cajá-mirim (*Spondias lutea)*, angico-preto (*Anadenanthera sp*), e outras. Apesar da maior exuberância da mata ciliar, sua descrição neste trecho não foi possível por dificuldades de acesso e logísitca.

Figura 10 – (A e B) Trechos da foz do rio Verde afetados pelo represamento do rio Paraná. Notar árvores mortas na margem alagada (nov.08). (Fotos: HIROSE, A.)

e) Córrego do Cateto

Nas margens do trecho navegável do córrego do Cateto verificou-se predomínio de ocupação por pastagens. Na margem direita, algumas pastagens e vegetação ciliar em regeneração invadida por braquiárias fazem limite com um fragmento de vegetação secundária da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e reflorestamentos. Na margem esquerda ocorreram trechos pequenos, estreitos e descontínuos da vegetação ciliar.

Compondo o estrato arbóreo nas bordas da mata ciliar, as espécies mais comuns foram embaúba *(Cecropia pachystachya),* candiúba (*Trema micrantha)*, sangra-d'água *(Croton urucurana),* ingá-açú (*Inga vera),* aroeirinha (*Schinus terebentifolius*), leiteirão (*Sapium haematospermum*), além de jerivá *(Syagrus*

romanzoffiana) esporadicamente. Espécies típicas de solos mais profundos e com boa drenagem, como angico-preto *(Anadenanthera sp)* e angico-branco *(Anadenanthera macrocarpa)* foram muito comuns, ocorrendo também capixingui *(Croton floribundus),* farinha-seca (*Albizzia hasslerii*), mutambo *(Guazuma ulmifolia)*, tamboril *(Enterolobium contortisiliquum),* amendoim-do-campo (*Pterogine nitens),* mamica-de-porca *(Zanthoxilum subserratum),* garapa *(Apuleia leiocarpa)* e outras de estádio sucessional médio a avançado. Nos locais em processo inicial de regeneração natural foram encontrados indivíduos esparsos de espécies florestais pioneiras, como candiúba (*Trema micrantha)*, leiteirão (*Sapium haematospermum)*, sangra-d'água *(Croton urucurana)*, mutambo *(Guazuma ulmifolia)*, além de não pioneiras como amendoim-do-campo (*Pterogine nitens).*

f) Rio Bahia

As margens do rio Bahia em sua porção navegável delimitam-se em sua margem esquerda com extensas áreas de várzea da planície de inundação do alto Paraná. O trecho de vegetação analisado está situado em zona de ecótone entre a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e o Cerrado, sendo visível a coexistência de espécies dos dois biomas em mesma mata ciliar.

Compondo o estrato arbóreo nas bordas da mata ciliar, as espécies mais comuns de Cerrado foram limãozinho (*Rheedia Gardneriana*), palmeiras buriti (*Mauritia flexuosa*) e tucum (*Bactris glaucescens*), pimenta-de-macaco (*Xilopia aromatica*), azedinha (*Hexaclamis edulis)* e outras. Como Representantes da Floresta estacional Semidecidual Aluvial ocorreram ingá-açú (*Inga vera),* embaúba *(Cecropia pachystachya),* ingá-miúdo (*Inga fagifolia),* peito-de-pombo (*Tapirira guianensis),* leiteiro *(Sapium longifolium),* ipê-branco-brejo (*Tabebuia dura)* e outras.

g) Rio Ivinheima

O rio Ivinheima está inserido num contexto de extensas áreas de várzea da planície de inundação do alto rio Paraná, muitas pastagens e ocupações clandestinas dentro dos limites do Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinheima e APA das Ilhotas e Várzeas do Rio Paraná.

Nos trechos analisados, embora em zona de ecótone, visualmente, as espécies da Floresta Estacional Semidecidual Aluvial foram mais comuns do que as do

Cerrado. Apresentando diferentes estádios sucessionais, as matas ciliares ocorreram em estreitas faixas ao longo do rio Ivinheima, havendo muitos trechos de descontinuidade, onde os diques marginais sofrem processos erosivos superficiais e fluviais (**Figura 11 A e B**).

.Compondo o estrato arbóreo nas bordas da mata ciliar, as espécies abundantes foram embaúba *(Cecropia pachystachya),* sangra-d'água *(Croton rucurana),* sendo que as comuns foram ingá-açú (*Inga vera),* figueira-branca (*Ficus sp),* grão-de-galo *(Celtis iguanae),* monjoleiro (*Acacia polyphylla),* e as menos frequentes foram ingá-miúdo (*Inga fagifolia),* pau-formiga, (*Triplaris brasiliana),* canelinha *(Nectandra saligna),* jenipapo (*Genipa americana*). *Pouteria cf. glomerata* ocorreu nas bordas sazonalmente alagáveis das matas ciliares. Outras espécies que ocorreram em solos com boa drenagem e não sujeitos ao alagamento foram candiúba (*Trema micrantha)*, óleo-de-copaíba *(Copaifera langsdorfii),* canafístula *(Peltophorum dubium),* cajá-mirim (*Spondias lutea)*, ingá-seco *(Zigia cauliflora), jatobá (Himenaea stilbocarpa),* feijão-crú (*Lonchocarpus guilleminianus),* canudo-de-pito *(Mabea fistulifera)* e outras.

Figura 11 – Trechos erodidos da margem do rio Ivinheima: (A) Erosão fluvial (out.08); (B) Erosão fluvial com solapamento (dez. 08). (Fotos: HIROSE, A.)

h) Rios Aguapeí e Peixe

Os rios Aguapeí e Peixe caracterizaram-se por apresentar muitos meandros ao longo de seus cursos e dinâmica hidrológica variável nos trechos analisados, com formação de "braços mortos" e lagoas, de modo que a vegetação em suas planícies de inundação forma mosaicos em decorrência da dinâmica fluvial. Representando predominantemente a Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e apresentando

estrutura variável, a vegetação das margens dos rios Aguapeí e Peixe é constituída de matas ciliares em diferentes estádios sucessionais e formações de várzea.

A fisionomia da vegetação nas margens do rio Aguapeí na porção abrigada pelo Parque Estadual do Aguapeí assemelhou-se muito à do rio do Peixe. Na porção da foz, onde se sobrepõe a RPPN da Foz do Aguapeí, os meandros apresentaram vários pontos de transbordamento e inundação das margens devido às alterações em seu regime natural de inundação após o represamento do rio Paraná. Consequentemente, a ocorrência das espécies de mata ciliar nas áreas mais afetadas ficou restrita apenas àquelas mais adaptadas ou aos locais cuja topografia possibilitou algum isolamento.

Compondo o estrato arbóreo nas bordas da mata ciliar, as espécies abundantes foram ingá-açú (*Inga vera),* embaúba *(Cecropia pachystachya),* sangra-d'água *(Croton rucurana),* as espécies comuns foram grão-de-galo *(Celtis iguanae)*, pau-formiga (*Triplaris brasiliana),* peito-de-pombo (*Tapirira guianensis),* pimenta-de-macaco *(Xilopia aromatica), canelinha (Nectandra saligna),* jenipapo (*Genipa americana*), pau-de-leite (*Sapium glandulatum),* leiteirão (*Sapium haematospermum),* candiúba (*Trema micrantha)*, farinha-seca *(Albizia hasslerii) e* canafístula *(Peltophorum dubium),* e as pouco comuns foram as palmeiras bacuri (*Attlalea phalerata),* tucum (Bactris glaucescens) e jerivá (Syagrus romanzoffiana), e as mais raras foram peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron)* e guanandi (*Calophyllum brasiliense*) e outras. Dentre as espécies arbóreas elencadas para análise, *Erythrina crista-galli* ocorreu em solo alagável, *Tabernaemontana catharinensis* e *Psidium guajava* em solos com boa drenagem.

Verificou-se que as erosões ocorrem tanto devido a processos erosivos superficiais agravados pelo pisoteio do gado, como fluviais (**Figura 12 A, B e C**).

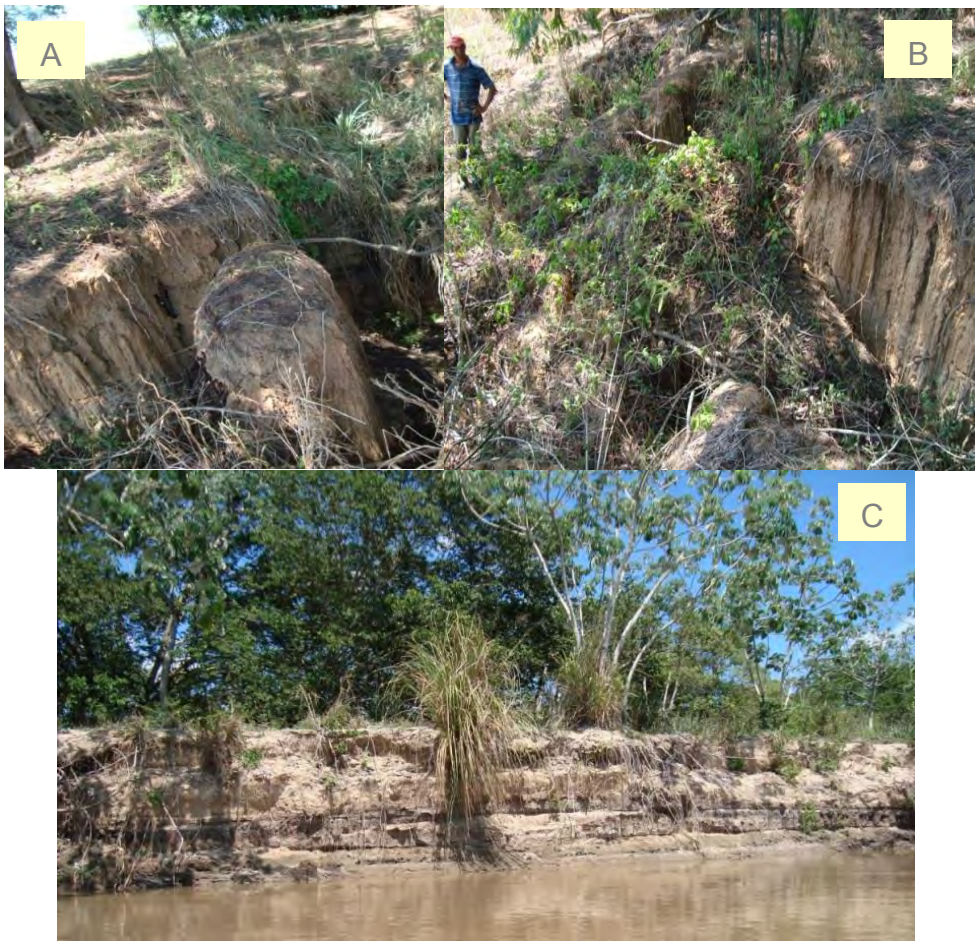

Figura 12 – Trechos erodidos da margem do rio Aguapeí (dez. 08). (A e B) Erosão superficial agravada pelo pisoteio do gado na margem; (C): Erosão predominantemente fluvial (Fotos: HIROSE, A.)

Na porção da foz do rio do Peixe os meandros apresentaram-se interconectados, não sendo possível distinguir seu percurso a partir de certo ponto devido à expansão da superfície inundada da planície ocasionada pelo represamento do rio Paraná. A porção da foz caracterizou-se pela ocorrência de muitas árvores mortas, formando "paliteiros" nas bordas permanentemente inundadas da mata ciliar (**Figura 13 A**). A elevação do n. a. nas margens do rio nesse trecho restringiu a ocorrência das espécies a locais menos rebaixados, sendo que nas áreas mais afetadas, possibilitou a ocorrência somente daquelas mais adaptadas à nova condição. A redução da vazão do rio nesse trecho, além de alterar a dinâmica hidrológica natural, favoreceu a proliferação de macrófitas aquáticas, ocorrendo grandes infestações de aguapé *(Eichornia spp*), erva-de-bicho *(Polygonum spp),* elodea *(Egeria spp) e* orelha-de-onça *(Salvinia spp)*, conhecidas

por alterar as propriedades físico-químicas da água e obstruindo a navegação em direção à montante (**Figura 13 B**).

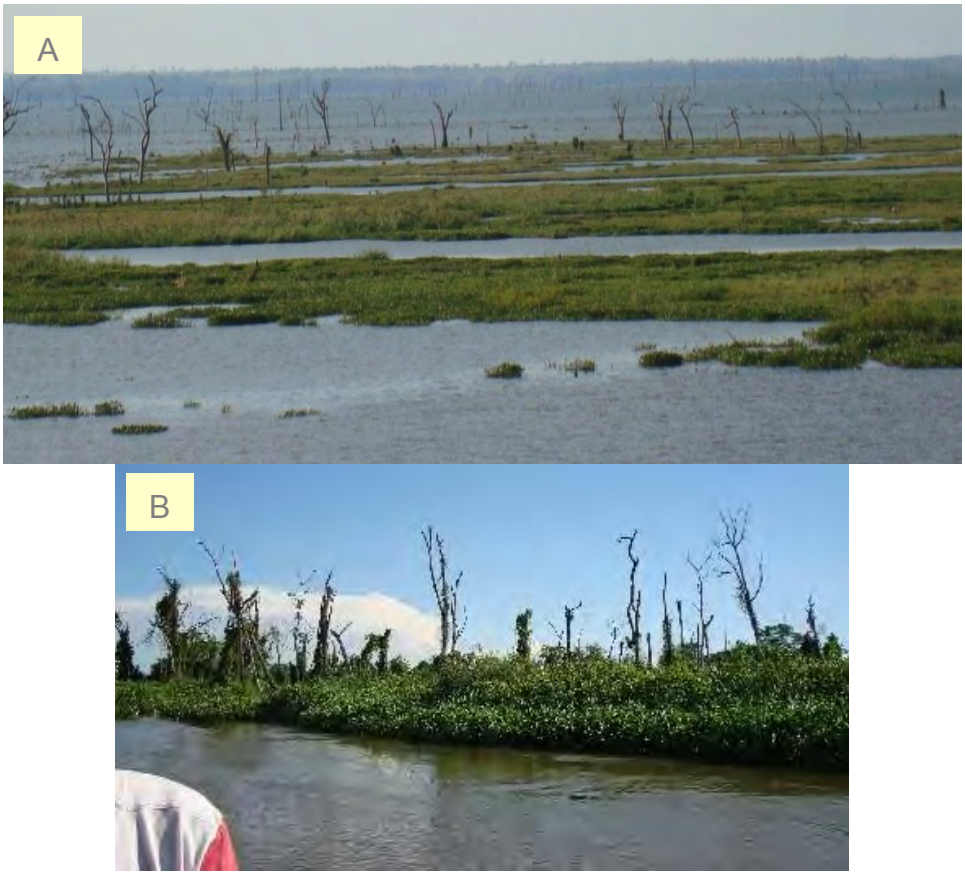

Figura 13 – (A e B) Trechos alagados da foz do rio do Peixe, com muitas árvores mortas (paliteiro) e macrófitas aquáticas (dez. 08). (Fotos: HIROSE, A.)

Compondo o estrato arbóreo nas bordas da mata ciliar, as espécies mais comuns em locais sujeitos a alagamentos periódicos foram embaúba *(Cecropia pachystachya),* sangra-d'água *(Croton rucurana)* e ingá-açú (*Inga vera),* além de peito-de-pombo (*Tapirira guianensis),* grão-de-galo *(Celtis iguanae)* e pau-formiga (*Triplaris brasiliana).* Guanandi (*Calophyllum brasiliense*) e ipê-branco-brejo (*Tabebuia dura)* foram raros. Em locais menos afetados pelo alagamento foram observados jerivá (*Syagrus romanzoffiana*), candiúba (*Trema micrantha)*, leiteirão (*Sapium haematospermum)* e farinha-seca *(Albizia hasslerii).*

2.3.2 Origem e classificação dos táxons

A relação dos 43 táxons (30 espécies e 13 gêneros) pertencentes a 20 famílias, respectivos domínios fitogeográficos e ecossistemas de ocorrência identificados para

análise quanto ao potencial de aplicação em testes visando o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos está apresentada na **tabela 2**.

Foram classificadas como nativos 41 táxons: 28 identificados em nível de espécie, sendo 04 classificados como espécies endêmicas (*Cuphea Melvilla:* CAVALCANTI; GRAHAM, 2010; *Mimosa* cf*. adenocarpa:* DUTRA; MORIM, 2011; *Cephalanthus glabratus:* ZAPPI, 2012; e *Cayaponia podantha:* GOMES-KLEIN, 2009); outros 06 táxons identificados em nível de gênero, necessitam confirmações quanto à taxonomia (*Stylosanthes sp, Trichilia sp, Piper sp, Cyperus sp*, *Panicum sp1 e Panicum sp2*. Por exemplo: *Panicum sp1* foi inicialmente identificada como *Panicum dichotomiflorum,* que é nativa, entretanto, devido a algumas discordâncias em relação à morfologia, inclusive em relação a *Panicum sp2,* optou-se por manter a identificação em nível de gênero para ambas, até que haja consenso); outros 07 identificados em nível de gênero necessitam confirmações quanto à taxonomia, com grande possibilidade de incluírem espécies nativas (*Cissus spp, Eugenia spp*, *Eupatorium spp, Ludwigia spp, Vernonia spp, Vigna spp* e *Sida spp*.

Foram classificadas como exóticas naturalizadas 02 espécies: *Psidium guajava* (SOBRAL et al., 2013) e *Crotalaria pallida* (FLORES, 2011). Apesar de *Psidium guajava* e *Crotalaria pallida* não terem sido classificadas como nativas, apresentaram atributos de valor, sendo *Psidium guajava* reconhecida por fornecer frutos apreciados por diversos grupos da fauna, e *Crotalaria pallida* por contribuir como adubo verde aos solos degradados da região. Visualmente nenhuma delas chamou a atenção quanto à ocorrência ou intensidade de dispersão na região de estudo, embora estudos quantitativos em nível populacional sejam sempre recomendados.

Tabela 2 - Apresentação dos 43 táxons (30 espécies e 13 gêneros) analisados em ordem alfabética de família, respectivas origens e domínios fitogeográficos com base na literatura e vegetação ou ambiente de ocorrência na região de estudo. N = nativa, Z = naturalizada, (*) = endêmica; AM = Amazônia, CA = Caatinga, CE = Cerrado, MA = Mata Atlântica, PP = Pampa, PT = Pantanal; Mc = mata ciliar ou galeria, Mr = mata ciliar (borda/regeneração), Fv = formações de várzea, A= área perturbada/ antropizada; (M) = macrófita (continua)

	Táxon	Nome vernáculo	Origem	Domínio Fitogeográfico	Ocorrência
Apocynaceae					
Sp1	*Tabernaemontana catharinensis* A.DC.	leiteiro[a]	N[a]	AM, CE, MA[a]	Mr, A
Asteraceae					
Sp2	*Baccharis dracunculifolia* DC.	alecrim, vassoura[a]	N[a]	CE, MA, PP[a]	Mr, A
Gn1	*Eupatorium* L.	cambará, mata-pasto[a]	N[b]	CE[b]	Mr, A
Gn2	*Vernonia* Schreb.	assa-peixe[a]	N[b]	MA, PP[b]	Mr, A
Combretaceae					
Sp3	*Combretum laxum* Jacq.	cipó-do-rio[a], pombeiro[b,]	N[a]	MA, CE, CA, AM[a]; PT[b]	Mc, Mr
Cucurbitaceae					
Sp4	*Cayaponia podantha* Cogn.	melancia-de-pacú[a], melanciazinha[b]	N*[a]	AM, CE, CA[a]	Mc, Mr
Cyperaceae					
Sp5	*Cyperus giganteus* Vahl	piri, pirizeiro[a]	N[b]	AM, CA, CE[b], PT[a]	Fv (M[a])
Sp6	*Cyperus sp.*	navalhão	-	-	Mr, Fv
Dilleniaceae					
Sp7	*Doliocarpus dentatus* (Aubl.) Standl.	cipó-de-fogo[a]	N[b]	AM, MA, CE, CA, PT[b]	Mc, Mr
Fabaceae					
Sp8	*Aeschynomene sensitiva* Sw.	corticeira[a]	N[a]	AM, MA, PT[a]	Fv
Sp9	*Crotalaria micans* Link	chocalho, guizo-de-cascavel[a]	N[b]	AM, MA, CE, CA, PT, PP[b]	Mr, A
Sp10	*Crotalaria pallida* Aiton	chocalho, guizo-de-cascavel[a]	Z[b]	AM, MA, CE, PP[b]	Mr, A
Sp11	*Erythrina crista-galli* L.	corticeira, suinã[a]	N[b]	CE, MA, PT[b]	Mc, Mr, Fv
Sp12	*Indigofera suffruticosa* Mill.	anileira, anil, índigo[a]	N[b]	AM, MA, CE, CA[b]; CE[c,d]	Mr, A

Tabela 2 - Apresentação dos 43 táxons (30 espécies e 13 gêneros) analisados em ordem alfabética de família, respectivas origens e domínios fitogeográficos com base na literatura e vegetação ou ambiente de ocorrência na região de estudo. N = nativa, Z = naturalizada, (*) = endêmica; AM = Amazônia, CA = Caatinga, CE = Cerrado, MA = Mata Atlântica, PP = Pampa, PT = Pantanal; Mc = mata ciliar ou galeria, Mr = mata ciliar (borda/regeneração), Fv = formações de várzea, A= área perturbada/ antropizada; (M) = macrófita (continuação)

	Táxon	Nome vernáculo	Origem	Domínio Fitogeográfico	Ocorrência
Sp13	*Mimosa* cf. *adenocarpa* Benth.	espinheiro, arranha-gato[a]	N*[b]	CA, CE, MA[b]	Mr, A
Sp14	*Mimosa pellita* Humb. & Bonpl. ex Willd.	espinheiro[a]	N[b]	AM, CE[b]	Mr, Fv
Sp15	*Senna alata* (L.) Roxb.	candelabro[a]	N[b]	AM, MA, CE, CA, PT[b]	Mr, A
Sp16	*Sesbania virgata* (Cav.) Pers.	saranzinho[a], angiquinho[b]	N[c]	MA, CA, PP, PT[c]	Mr, Fv
Sp17	*Stylosanthes sp.*	estilosante, alfafa[a]	-	-	Mr, A
Gn3	*Vigna* Savi	feijãozinho-do-brejo[a]	N[b]	AM, MA[b]	Mr, Fv
Lythraceae					
Sp18	*Cuphea melvilla* Lindl.	erva-de-bicho[a]	N*[b]	AM, CE[b]; MA[c]	Mr, Fv
Malvaceae					
Sp19	*Hibiscus* cf. *striatus* Cav.	algodão-do-brejo[a]	N[a]	AM, MA[a]	Mr, Fv
Sp20	*Hibiscus* cf. *sororius* L.	malva-do-brejo[a]	N[b]	AM, CE[b]	Mr, Fv
Gn4	*Sida* L.	malva, guanxuma[a]	N[b]	AM, MA, CE, CA, PT[b]	Mr, A
Meliaceae					
Sp21	*Trichilia sp.*	catiguazinho	N[a]	AM, MA, CE, CA, PT[a]	Mc, Mr
Myrtaceae					
Gn5	*Eugenia* L.	cambuí, guamirim	N[a]	AM, MA, CE, CA, PT, PP[a]	Mc, Mr
Sp22	*Psidium guajava* L.	goiaba[a]	Z[a]	AM, MA, CE, CA[a]	Mc, Mr
Sp23	*Psidium guineense* Sw.	araçá, goiabinha[a]	N[a]	AM, MA, CE, CA[a]	Mr

Tabela 2 - Apresentação dos 43 táxons (36 espécies e 7 gêneros) analisados em ordem alfabética de família, respectivas origens e domínios fitogeográficos com base na literatura e vegetação ou ambiente de ocorrência na região de estudo. N = nativa, Z = naturalizada, (*) = endêmica; AM = Amazônia, CA = Caatinga, CE = Cerrado, MA = Mata Atlântica, PP = Pampa, PT = Pantanal; Mc = mata ciliar ou galeria, Mr = mata ciliar (borda/regeneração), Fv = formações de várzea, A= área perturbada/ antropizada; (M) = macrófita (continuação)

	Táxon	Nome vernáculo	Origem	Domínio Fitogeográfico	Ocorrência
Onagraceae					
Gn6	*Ludwigia* L.	cruz-de-malta[a]	N[a]	AM, CA, CE, MA, PT, PP[a]	Mr, Fv
Piperaceae					
Sp24	*Piper sp.*	piper	-	-	Mc, Mr
Poaceae					
Sp25	*Andropogon bicornis* L.	capim-rabo-de-cavalo[a]	N[a]	AM, MA, CE, CA, PP, PT[a]	Mr, Fv, A
Sp26	*Gynerium sagittatum* (Aubl.) P.Beauv.	cana-brava[a]	N[b]	AM, MA, CE[b]	Mr, Fv
Sp27	*Hymenachne pernambucencis* (Spreng.) Zul.	capim-do-brejo[a2] ou pernambuco	N[c]	MA, CE, CA[b]	Mr, Fv
Sp28	*Panicum sp1*	grama-castelo	-	-	Mr, Fv, A
Sp29	*Panicum sp2*	grama-de-ponta	-	-	Mr, Fv, A
Sp30	*Paspalum conspersum* Schrad.	capim de mula[a], capim-milhã[b]	N[a]	AM, MA, CE, PT[a]	Mr, Fv, A
Sp31	*Paspalum notatum* Flüggé	grama-forquilha[a] ou mato-grosso[b]	N[a]	AM, MA, CE, PT[a]	Mr, A
Rubiaceae					
Sp32	*Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.	sarã[a], sarandi colorado	N*[b]	MA, PT[b]	Mr, Fv
Sapotaceae					
Sp33	*Pouteria cf. glomerata* (Miq.) Radlk.	maçã-de-pacú	N[a]	AM, MA, CE[a]	Mc, Mr
Solanaceae					
Sp34	*Solanum paniculatum L.*	jurubeba[a]	N[b]	AM, MA, CE, CA[b]	Mr, A
Typhaceae					
Sp35	*Typha domingensis Pers.*	taboa[a]	N[b]	AM, MA, CE, CA, PP, PT[b]	Fv (M[a])

Tabela 2 - Apresentação dos 43 táxons (30 espécies e 13 gêneros) analisados em ordem alfabética de família, respectivas origens e domínios fitogeográficos com base na literatura e vegetação ou ambiente de ocorrência na região de estudo. N = nativa, Z = naturalizada, (*) = endêmica; AM = Amazônia, CA = Caatinga, CE = Cerrado, MA = Mata Atlântica, PP = Pampa, PT = Pantanal; Mc = mata ciliar ou galeria, Mr = mata ciliar (borda/regeneração), Fv = formações de várzea, A= área perturbada/ antropizada; (M) = macrófitas (conclusão)

	Táxon	Nome vernáculo	Origem	Domínio Fitogeográfico	Ocorrência
Verbenaceae					
Sp36	*Lippia alba* (Mill.) N.E.Br.	cidreira[a]	N[a]	AM, MA, CE[a]	Mr, Fv
Vitaceae					
Gn7	*Cissus* L.	cipó-de-arraia[a], uveira[b]	N[a]	AM, MA, CE, CA, PT[a]	Mr, Fv

Fonte: Sp1 ([a]LORENZI, 2000, [b]KOCH et al., 2010); Sp2 ([a]HEIDEN; SCHNEIDER, 2012); Sp3 ([a]MARQUETE, 2009; [b]POTT; POTT, 1994); Sp4 ([a]GOMES-KLEIN, 2009; [b]POTT; POTT, 1994); Sp5 ([a]POTT; POTT, 2000; [b]ALVES et al., 2010) ; Sp6 (-); Sp7 ([a]POTT; POTT, 1994; [b]FRAGA, 2010); Sp8 ([a]LIMA; OLIVEIRA, 2010; [b]POTT; POTT, 2000); Sp9 ([a]LORENZI, 2000, [b]FLORES, 2011); Sp10 ([a]LORENZI, 2000, [b]FLORES, 2011); Sp11 ([a]LORENZI, 2000, [b]LIMA, 2009); Sp12 ([a]LORENZI, 2000, [b]MIOTTO; IGANCI, 2011; [c]EISINGER, 1987 ; [d]MOREIRA; TOZZI, 1997); Sp13 ([a]POTT; POTT, 1994; [b]DUTRA; MORIM, 2011); Sp14 ([a]POTT; POTT, 1994; [b]DUTRA; MORIM, 2011); Sp15 ([a]RODRIGUES, 2005, [b]SOUZA; BORTOLUZZI, 2011); Sp16 ([a]POTT; POTT, 1994; [b]LORENZI, 2000; [c]IGANCI; MIOTTO, 2011); Sp17 ([a]LORENZI, 2000, [b]COSTA; VALLS 2012); Sp18 ([a]POTT; POTT, 2000; [b]CAVALCANTI; GRAHAM, 2010, [c]BORGO et al. apud CORADIN et al., 2011); Sp19 ([a]ESTEVES, 2009); Sp20 ([a]POTT; POTT, 2000; [b]ESTEVES, 2011); Sp21 ([a]STEFANO et al., 2012); Sp22 ([a]SOBRAL et al., 2012); Sp23 ([a]SOBRAL et al., 2009); Sp24 ([a]GUIMARÃES et al., 2013); Sp25 ([a]ZANIN, 2010); Sp26 ([a]FERREIRA et al. apud CORADIN et al. 2011); [b]FILGUEIRAS, 2010); Sp27 ([a1]POTT; POTT, 1997; [a2]2000; [b]FILGUEIRAS 2009); Sp28 (-); Sp29 (-); Sp30 ([a]VALLS; OLIVEIRA, 2011a; [b]LORENZI, 2000); Sp31 ([a]VALLS; OLIVEIRA, 2011b; [b]LORENZI, 2000); Sp32 ([a]POTT; POTT, 1994; [b]ZAPPI, 2012); Sp33 ([a]ALVES-ARAUJO,2012); Sp34 ([a]LORENZI, 2000; [b]STEHMANN et al., 2012); Sp35 ([a]POTT; POTT, 1997; [b]BOVE, 2012); Sp36 ([a]SALIMENA et al., 2011); Gn1 ([a]LORENZI, 2000; [b]NAKAJIMA, 2010); Gn2 ([a]LORENZI, 2000; [b]SOARES; DEMATTEIS, 2013); Gn3 ([a]POTT; POTT, 2000; [b]PEREZ, 2012); Gn4 ([a]LORENZI, 2000, [b]BOVINI, 2013); Gn5 ([a]SOBRAL et al., 2013); Gn6 ([a]VIEIRA, 2012; [b]POTT; POTT, 2000); Gn7 ([a]LOMBARDI, 2013; [b]POTT; POTT, 1994).

No intuito de ao menos contextualizar a amplitude de ocorrência das espécies elencadas para análise, além da classificação quanto à origem, foram apresentados seus respectivos domínios fitogeográficos (ou biomas) com base na literatura, assim como o tipo de vegetação ou ambiente de ocorrência com base nas observações de campo (**Tabela 2**). Segundo Preston *et al.* (2002 *apud* PYŠEK *et al*., 2004), o mais importante é saber sobre o desenvolvimento ou a origem de um determinado táxon numa certa região, ou seja, não basta saber se dada espécie é nativa ou exótica, deve-se registrar as características do ambiente de ocorrência das espécies, possibilitando análise mais refinada e em escala apropriada.

Apesar da amplitude de distribuição das espécies nos diferentes domínios fitogeográficos ter se mostrado bastante variada, verificou-se que em todos os casos as espécies estão distribuídas ao menos nos biomas Mata Atlântica ou Cerrado, condizente com o contexto e localização da região de estudo. Informações quanto à distribuição geográfica das espécies em nível geopolítico dos estados federativos, entretanto, não foram consideradas, pois, segundo Richardson et al. (2000 apud PYŠEK et al., 2004), não correspondem a barreiras ecológicas e tendem a gerar distorções das informações, principalmente em países territorialmente extensos, como no caso do Brasil. Para sanar possíveis dúvidas de que a espécie é nativa dos domínios fitogeográficos em que ela está ocorrendo e se sua distribuição geográfica, coincide com a região onde a espécie evoluiu, torna-se fundamental recorrer aos registros históricos de ocorrência de cada espécie nos ecossistemas.

Verificou-se ser muito comum a confusão quanto a aplicação de conceitos e terminologias, sendo comum o uso do termo “invasora” para espécies classificadas como nativas, ou mesmo o uso generalizado do termo “daninha” para espécies ruderais, embora internacionalmente haja terminologia específica para cada uma. Segundo vários autores, uma espécie é considerada invasora em situações onde a distribuição e abundância das espécies foram alteradas como resultado das atividades antrópicas. Apenas espécies que ocupam novos hábitats onde estas não ocorreram anteriormente devem ser enquadradas como exóticas invasoras (PYŠEK et al., 2004; REJMÁNEK, 2000; REJMÁNEK et al., 2002).

Em grandes extensões antropizadas dos trechos analisados das margens dos corpos hídricos foram encontradas diversas espécies exóticas invasoras, principalmente gramíneas. Forrageiras cultivadas de origem africana, como *Brachiaria spp* e *Panicum maximum* (capim-colonião) foram muito comuns em solos mais drenados, devido à predominância de pastagens cultivadas na região, inclusive cultivares deste último *(*Massai, Mombaça e Tanzânia). Em menor proporção foram encontrados o capim-gordura (*Melinis minutiflora*), o sapé (*Imperata brasiliensis*), a tiririca *(Cyperus rotundus)*, a mamona (*Ricinus communis*) e a *Brachiaria humidicola*, dentre outras. Por formarem banco de sementes que permanecem no solo por longos períodos, espécies nativas nas margens dos corpos hídricos da região têm de competir permanentemente com estas espécies, muitas destas consideradas "transformadoras de ecossistemas". Na literatura, muitas vezes espécies exóticas consideradas não invasoras são classificadas apenas como naturalizadas, como no caso de *Psidium guajava* e *Crotalaria pallida*. Tanto as espécies nativas como exóticas podem ocorrer em locais afetados por distúrbios antropogênicos na região de estudo, e a degradação ambiental tende a influenciar de maneira imprevisível a dinâmica populacional das espécies, quase sempre em favor das espécies exóticas invasoras. Nesse sentido, espécies herbáceas, subarbustivas e arbustivas nativas mais rústicas, como no caso das ruderais, potenciais para o controle de erosão e a restauração podem ser espécies importantes para competir de imediato ou em curto espaço de tempo com as espécies exóticas invasoras, já que as espécies arbóreas não pioneiras levam bem mais tempo para se desenvolver até sombrear as exóticas invasoras.

Para considerar uma espécie exótica como invasora, Richardson et al. (2000 *apud* PYŠEK et al., 2004) propõem como referência a capacidade de se dispersar sem ajuda humana a distâncias maiores que 100 m do local de introdução em menos de 50 anos, no caso de espécies com dispersão por sementes ou frutos. No caso de espécies que se multiplicam vegetativamente por crescimento de raízes, rizomas, estolões ou caules reptantes, a capacidade de se dispersar a distâncias maiores que 6 metros em 3 anos. Há situações nas quais o termo invasão é inapropriadamente utilizado. Plantas que atravessam um oceano ou espécies que iniciam a sucessão ecológica primária ou secundária, com a colonização de novos

hábitats são denominadas de colonizadoras. Quando uma espécie evolui em um local e se expande autonomamente para outras regiões, o termo migração ou expansão é mais apropriado (PYŠEK et al., 2004; MORO et al., 2012).

2.3.3 Ambiente de ocorrência dos táxons

O tipo de vegetação e/ou ambiente em que os táxons ocorreram foi apresentado na **tabela 2** do item anterior, com a maior parte dos registros em mata ciliar/galeria (em situações de borda ou em regeneração), e em menor proporção ocorrendo também em formações de várzea e/ou antrópico.

Os registros das observações quanto à ocorrência dos 43 táxons nas margens dos corpos hídricos estão apresentada na **tabela 3** a seguir e, em sequência na **tabela 4**, as respectivas zonas/ ambiente de ocorrência.

A ocorrência das espécies no contexto da vegetação e respectiva localização nos trechos analisados, local, ambiente e/ou zonas de ocorrência é descrita inicialmente para cada corpo hídrico, sendo que uma síntese com as características predominantes dos táxons é apresentada ao final.

Uma vez que os solos dos ecossistemas ripários estão sujeitos a muitas oscilações nas condições hídricas. Para que se possam conhecer as preferências e tolerâncias das espécies quanto à disponibilidade hídrica, ou mesmo avaliar seu potencial de aplicação nos diques marginais para a proteção do solo, contenção do runoff e transporte de sedimentos, é necessária a realização de estudos específicos. No capítulo 4 foi feita uma avaliação do desenvolvimento de plântulas de 08 espécies herbáceas, arbustivas e liana submetidas a condições distintas de saturação hídrica do substrato.

a) Rio Paraná e ilhotas

Dentre os 43 táxons analisados, espécies como *Pouteria* cf. *glomerata, Ludwigia spp, Sesbania virgata, Lippia alba, Combretum laxum, Doliocarpus dentatus, Cissus spp* e *Gynerium sagittatum* ocorreram em diques marginais susceptíveis à inundação sazonal, em bordas de matas ciliares, sendo que as três primeiras ocorreram também em áreas úmidas de várzea. *Erythrina crista-galli* ocorreu esporadicamente em várzeas.

Tabela 3 - Ocorrência de 43 táxons nas margens do rio Paraná/ ilhotas (PR/ Ilhs), afluentes do Paraná (PN = Paranapanema, CT = Cateto, PX = Peixe, AG = Aguapeí, VD = Verde, BA = Bahia, IV = Ivinheima) e reservatório de Porto Primavera (Reserv.): ME/MD=margem esquerda/direita; 0=ausente, 1 = rara, 2 = esporádica, 3 = ocorrência média, 4 = comum, 5 = muito comum. (continua)

Táxon		Rios								Reserv.	
		PR/ Ilhs	PN	CT	PX	AG	VD	BA	IV	ME/MD	Ilhs
Apocynaceae	*Tabernaemontana catharinensis A.DC.*	0	0	0	3	3	0	4	0	2	0
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia* DC.	5	0	0	0	4	0	0	0	4	0
	Eupatorium spp	3	3	3	1	1	0	0	0	2	0
	Vernonia spp	3	3	3	1	1	0	0	0	2	0
Combretaceae	*Combretum laxum* Jacq.	2	1	0	1	1	1	1	2	0	0
Cucurbitaceae	*Cayaponia podantha* Cogn.	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Cyperaceae	*Cyperus giganteus* Vahl	3	4	1	3	0	2	4	2	0	0
	Cyperus sp	1	3	0	1	1	1	3	3	1	0
Dilleniaceae	*Doliocarpus dentatus* (Aubl.) Standl.	1	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Fabaceae	*Aeschynomene sensitiva* Sw.	1	2	0	1	1	4	4	2	1	1
	Crotalaria micans Link	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Crotalaria pallida Aiton	5	4	0	0	0	0	5	0	4	0
	Erythrina crista-galli L.	1	2	0	2	1	1	0	0	1	1
	Indigofera cf. *suffruticosa* Mill.	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0
	Mimosa cf. *adenocarpa* Benth.	2	1	0	0	0	1	1	0	1	0
	Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.	3	2	0	3	4	1	0	4	0	1
	Senna alata (L.) Roxb.	1	2	0	0	0	3	0	0	1	1
	Sesbania virgata (Cav.) Pers.	3	2	0	1	1	0	0	0	1	1
	Stylosanthes sp	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Vigna spp.	3	2	4	0	0	2	0	0	1	1
Lythraceae	*Cuphea melvilla* Lindl.	2	0	0	0	0	1	2	0	0	0

Tabela 3 - Ocorrência de 43 táxons nas margens do rio Paraná/ ilhotas (PR/ Ilhs), afluentes do Paraná (PN = Paranapanema, CT = Cateto, PX = Peixe, AG = Aguapeí, VD = Verde, BA = Bahia, IV = Ivinheima) e reservatório de Porto Primavera (Reserv.): ME/MD=margem esquerda/direita; 0=ausente, 1 = rara, 2 = esporádica, 3 = ocorrência média, 4 = comum, 5 = muito comum) (...conclusão)

Táxon		Rios								Res. P.P.	
		PR/ Ilhs	PN	CT	PX	AG	VD	BA	IV	ME-SP	Ilhs
Malvaceae	*Hibiscus* cf. *striatus* Cav.	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
	Hibiscus cf. *sororius* L.	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1
	Sida spp	3	3	3	1	1	1	0	0	2	0
Meliaceae	*Trichilia sp*	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
Myrtaceae	*Eugenia sp.*	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1
	Psidium guajava L.	3	2	0	1	1	1	0	0	1	1
	Psidium guineense Sw.	1	2	1	0	0	1	1	1	1	0
Onagraceae	*Ludwigia spp*	2	2	0	5	5	2	1	4	1	1
Piperaceae	*Piper sp*	2	1	0	1	1	0	0	2	0	0
Poaceae	*Andropogon bicornis* L.	4	3	3	0	0	0	2	3	2	2
	Gynerium sagittatum (Aubl.) P.Beauv.	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Hymenachne pernambucencis (Spreng.) Zuloaga.	3	1	1	1	1	0	1	3	2	2
	Panicum sp1	4	3	1	0	0	3	0	4	3	3
	Panicum sp2	4	3	4	0	0	3	0	3	3	3
	Paspalum conspersum Schrad.	3	1	0	1	3	3	1	0	2	0
	Paspalum notatum Flüggé	2	1	2	0	0	0	0	0	2	0
Rubiaceae	*Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.	1	2	0	1	0	3	4	2	0	0
Sapotaceae	*Pouteria cf. glomerata* (Miq.) Radlk.	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0
Solanaceae	*Solanum paniculatum* L.	4	4	0	3	1	0	0	0	1	0
Typhaceae	*Typha domingensis* Pers.	4	4	5	3	0	2	0	2	2	2
Verbenaceae	*Lippia alba (Mill.) N.E.Br.*	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Vitaceae	*Cissus spp*	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0

Tabela 4 - Zonas e ambientes de ocorrência de 43 táxons nas margens dos rios Paraná/ ilhotas, afluentes (Paranapanema, Peixe, Aguapeí, Verde, Cateto, Bahia, Ivinheima) e margens do reservatório de Porto Primavera (algv = alagável, algd = alagado, não algv = não alagável; 0 = ausente, 1 = rara, 2 = esporádica, 3 = ocorrência média, 4 = comum, 5 = muito comum)

Táxon		Reservatório (cotas)			Rios/ Ilhotas		
		> 258	257,5-258	257-257,5	não algv	algv	algv-algd
Apocynaceae	*Tabernaemontana catharinensis A.DC.*	2	0	0	4	0	0
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia* DC.	4	0	0	5	0	0
	Eupatorium spp.	2	0	0	3	0	0
	Vernonia spp.	2	0	0	3	0	0
Combretaceae	*Combretum laxum* Jacq.	0	0	0	0	2	0
Cucurbitaceae	*Cayaponia podantha* Cogn.	0	0	0	0	1	0
Cyperaceae	*Cyperus giganteus* Vahl	0	0	0	0	4	4
	Cyperus sp.	0	1	0	0	3	0
Dilleniaceae	*Doliocarpus dentatus* (Aubl.) Standl.	0	0	0	0	2	0
Fabaceae	*Aeschynomene sensitiva* Sw.	0	0	1	0	4	4
	Crotalaria micans Link.	0	0	0	1	0	0
	Crotalaria pallida Aiton	4	0	0	5	0	0
	Erythrina crista-galli L.	0	0	1	0	2	0
	Indigofera cf. *suffruticosa* Mill.	1	0	0	1	0	0
	Mimosa cf. *adenocarpa* Benth.	1	0	0	2	0	0
	Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.	0	0	0	0	4	4
	Senna alata (L.) Roxb.	1	0	0	3	0	0
	Sesbania virgata (Cav.) Pers.	0	1	0	0	3	0
	Stylosanthes sp.	1	0	0	1	0	0
	Vigna spp.	0	1	0	0	4	0
Lythraceae	*Cuphea Melvilla* Lindl.	0	0	0	0	2	2
Malvaceae	*Hibiscus* cf. *striatus* Cav.	0	0	0	0	1	1
	Hibiscus cf. *sororius* L.	0	1	0	0	2	0
	Sida spp.	2	0	0	3	0	0
Meliaceae	*Trichilia sp.*	0	0	0	1	0	0
Myrtaceae	*Eugenia spp.*	0	1	0	1	0	0
	Psidium guajava L.	0	1	0	3	0	0
	Psidium guineense Sw.	1	0	0	2	0	0
Onagraceae	*Ludwigia spp.*	0	0	1	0	5	5
Piperaceae	*Piper sp.*	0	0	0	2	0	0
Poaceae	*Andropogon bicornis* L.	0	2	0	4	0	0
	Gynerium sagittatum (Aubl.) P.Beauv.	0	0	0	0	1	0
	Hymenachne pernambucencis (Spreng.) Zuloaga.	0	0	2	0	3	3
	Panicum sp1	0	0	3	0	4	4
	Panicum sp2	0	0	3	0	4	4
	Paspalum conspersum Schrad.	2	2	0	3	0	0
	Paspalum notatum Flüggé	2	2	0	2	0	0
Rubiaceae	*Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.	0	0	0	0	3	3
Sapotaceae	*Pouteria cf. glomerata* (Miq.) Radlk.	0	0	0	0	2	0
Solanaceae	*Solanum paniculatum* L.	1	0	0	4	0	0
Typhaceae	*Typha domingensis* Pers.	0	0	2	0	5	5
Verbenaceae	*Lippia alba (Mill.) N.E.Br.*	0	0	0	0	1	0
Vitaceae	*Cissus spp.*	0	0	0	0	1	0

Em diques marginais antropizados em regeneração, clareiras e bordas de mata ciliar ocorreram *Baccharis dracunculifolia, Crotalaria micans, C. pallida, Indigofera cf. suffruticosa, Stylosanthes sp, Solanum paniculatum* e *Paspalum notatum* em solos com boa drenagem mais enxutos. *Senna alata, Psidium guineense, Mimosa cf. adenocarpa. Eupatorium spp, Vernonia spp* e *Sida spp* ocorreram em solos com boa drenagem, porém ligeiramente úmidos, inclusive de várzeas.

Em solos úmidos a muito úmidos, mas com boa drenagem de diques marginais foi comum a ocorrência de *Psidium guajava, Piper sp* e *Eugenia spp* em mata ciliar e clareiras em regeneração. *Trichilia sp* ocorreu em solos similares, mais no interior de mata ciliar. *Senna alata, Psidium guineense, Mimosa cf. adenocarpa, Eupatorium spp, Vernonia spp, Sida spp* e *Paspalum conspersum* ocorreram tanto em bordas de mata ciliar como em clareiras em regeneração e áreas perturbadas, sendo esta última também em várzeas. *Cayaponia podantha* e *Ludwigia spp* ocorreram sob luz direta ou sob a influência de copas de outras espécies em bordas alagáveis da mata ciliar.

Nas margens submetidas a maior influência da inundação por longos períodos, *Cuphea Melvilla* ocorreu esporadicamente em bordas de mata ciliar, enquanto *Ludwigia spp, Mimosa pellita, Aeschynomene sensitiva e Cephalanthus glabratus* foram comuns em várzeas alagáveis ou alagadas. *Vigna spp* ocorreu em solo alagável das várzeas e clareiras nos diques marginais.

As herbáceas *Panicum sp1, Panicum sp2, Hymenachne pernambucencis e Cyperus sp* foram encontradas colonizando margens totalmente descobertas sofrendo processos erosivos e várzeas encharcadas, sendo as três primeiras ocorrendo também em margens alagadas. *Cyperus giganteus* e *Typha domingensis,* consideradas macrófitas, foram raras nas margens do rio Paraná, ocorrendo apenas pontualmente. Foram muito comuns nas várzeas e em bordas tranquilas de pequenos córregos e lagoas, ou no interior de lagoas intermitentes. Particularmente *Cyperus giganteus* ocorreu também em leitos rasos de córregos e lagoas permanentes.

b) Rio Paranapanema

Dentre os 43 táxons analisados, foram comuns *Solanum paniculatum, Eupatorium spp, Vernonia spp, Sida spp, Mimosa cf. adenocarpa, Crotalaria pallida e Paspalum conspersum* em clareiras na mata ciliar nos diques marginais, onde os solos apresentaram-se com boa drenagem e enxutos. *Trichilia sp,* apresentou ocorrência média em solo com boa drenagem na mata ciliar. *Paspalum notatum* ocorreu nas mesmas condições em fazendas que margeiam o rio. Em solos com boa drenagem, porém úmidos a muito úmidos dos diques marginais foi comum a ocorrência de *Eugenia spp, Piper sp* e *Psidium guajava,* na mata ciliar. *Eupatorium spp, Vernonia spp, Sida spp, Senna alata e Paspalum conspersum* ocorreram em clareiras e bordas da mata ciliar. Em locais mais susceptíveis à inundação sazonal nos diques marginais espécies como *Pouteria* cf. *glomerata, Lippia alba, Combretum laxum, Gynerium sagittatum, Sesbania virgata, Senna alata, Cayaponia podantha, Hymenachne pernambucencis* e *Cyperus sp* foram comuns nas bordas da mata ciliar. Nas áreas de várzea (varjões) que margeiam o rio Paranapanema, em locais sob maior influência do alagamento por longos períodos, as herbáceas mais comuns foram *Panicum sp1, Panicum sp2, Hymenachne pernambucencis, Typha domingensis, Cyperus giganteus,* As arbustivas mais comuns foram *Mimosa pellita, Ludwigia spp, Aeschynomene sensitiva,* e as menos frequentes foram *Cephalanthus glabratus, Hibiscus* cf. *striatus. Psidium guineense* foi mais comum em solos com boa drenagem das várzeas. *Dentre as arbustivo-arbóreas, Pouteria cf. glomerata foi mais frequente, enquanto Erythrina crista-galli* ocorreu apenas esporadicamente. *Vigna spp* ocorreu em solo alagável das várzeas e clareiras nos diques marginais.

c) Rio Ivinheima

Dentre os 43 táxons analisados, *Ludwigia spp, Aeschynomene sensitiva, Lippia alba, Cayaponia podantha, Doliocarpus dentatus, Cephalanthus glabratus* e C*issus spp* foram comuns nas bordas da mata ciliar sazonalmente alagáveis. As espécies *Hymenachne pernambucencis, Panicum sp1* e *Panicum sp2* foram mais comuns em trechos perturbados muito úmidos a encharcados, sujeitos a alagamentos sazonais. *Cyperus giganteus* e *Typha dominguensis* foram observadas em bordas de pequenas lagoas. Em porções adjacentes do terreno, onde as inundações são menos frequentes, mas o solo ainda é muito úmido, *Ludwigia sp, Cayaponia*

podantha, Doliocarpus dentatus e *Lippia alba* se repetem, ocorrendo também *Hibiscus* cf. *sororius. Piper sp* e *Psidium guineense* ocorreram esporadicamente. Nas margens alagadas sob inundação por longos períodos, *Hibiscus* cf. *striatus,* ocorreu comportando-se como macrófita epífita, apoiando-se sobre outras espécies aquáticas emergentes, tais como erva-de-bicho (*Polygonum spp)* e flutuantes fixas/ flutuantes livres como o aguapé (*Eichornia spp*) nas bordas do leito do rio. Ocorreu também em solos alagáveis sazonalmente, em bordas de mata ciliar, onde forma manchas, com intensa ramificação. Em ambientes mais abertos, com menor influência das copas das arbóreas, algumas gramíneas tais como *Hymenachne pernambucencis, Panicum sp1, Panicum sp2* e também *Cyperus sp,* ocorreram em locais sujeitos ao alagamento sazonal, protegendo diques marginais (alturas que de 1 a 2 m) de processos erosivos, assim como espécies arbustivas, tais como *Cephalanthus glabratus, Mimosa pellita, Ludwigia spp, Hibiscus* cf. *striatus, Hibiscus* cf. *sororius*, e lianas como *Combretum laxum* que emite ramos na direção do leito do rio.

d) Rio Bahia

Dentre os 43 táxons analisados, *Cephalanthus glabratus* sobressaiu-se por ter sido abundante em longos trechos nas margens alagadas do rio, formando juntamente com *Tabebuia dura* e algumas outras espécies de capins, um cinturão em torno da vegetação ciliar arbórea, situada em solos mais bem drenados das margens. Nas bordas sazonalmente alagáveis da mata ciliar, as espécies mais comuns foram Cyperus sp, *Aeschynomene sensitiva, Ludwigia spp, Hymenachne pernambucencis* e *Combretum laxum*, sendo que as quatro primeiras foram comuns também nas várzeas. Em trechos alagados das margens do rio Ivinheima, espécies como *Cuphea Melvilla e Cissus spp* ocorreram comportando-se como macrófitas epífitas, apoiando-se sobre outras espécies. *Cyperus giganteus* foi abundante nas várzeas. Em trechos perturbados e de vegetação em processo de regeneração da margem, onde os solos apresentavam boa drenagem, ocorreram *Tabernaemontana catharinensis, Psidium guineense, Paspalum conspersum* e *Mimosa cf. adenocarpa. Crotalaria pallida* foi encontrada em margem de estrada ao longo de um trecho do rio Bahia.

e) Córrego do Cateto

Dentre os 43 táxons analisados, foram encontradas espécies dos gêneros *Eupatorium, Vernonia, Sida*, além de *Psidium guineense,* em locais de solos com boa drenagem úmidos a muito úmidos, sujeitos a algum encharcamento. *Typha domingensis, Hibiscus* cf. *sororius, Panicum sp1, Panicum sp2, Hymenachne pernambucencis, Vigna spp,* e, esporadicamente *Vernonia* e *Sida* ocorreram em solo sujeito a encharcamento nas bordas próximas ao leito do rio. *Cyperus giganteus* e *Typha domingensis* foram comuns nas bordas rasas do leito estreito do rio, em trecho não navegável. A baixa riqueza de espécies está relacionada com o histórico de ocupação da área por pastagem, sendo que grande parte da área encontra-se tomada por braquiárias e em menor proporção por capim-colonião. Na margem esquerda do córrego do Cateto, apesar da predominância de pastagens cultivadas, *Paspalum notatum* foi encontrada revestindo a margem. Apesar de ser uma espécie típica de solos com boa drenagem, indicou tolerância à condição da margem do rio, sujeito à inundação temporária e com o nível do freático a poucos centímetros de profundidade. Trata-se de uma espécie forrageira nativa que vem tornando-se cada vez mais rara em toda a região, devido à predominância do uso de forrageiras africanas pelos pecuaristas.

f) Rio Verde

Dentre os 43 táxons analisados, *Cephalanthus glabratus* e *Aeschynomene sensitiva* ocorreram com frequência nas bordas alagadas mais rasas e protegidas do fluxo hídrico intenso, tendo sido encontradas florindo e frutificando, mesmo com a base submersa. Ao longo das margens e várzeas, assim como na borda de lagoas sazonalmente alagáveis, *Ludwigia spp, Mimosa pellita, Hibiscus* cf. *striatus* e *Cuphea melvilla, assim como Panicum sp1, Panicum sp2* e *Cyperus sp* foram frequentes. *Erythrina crista-galli, Senna alata, Combretum laxum* ocorreram esporadicamente nas bordas das matas ciliares, em zona sujeita a encharcamento temporário. *Mimosa cf. adenocarpa, Sida spp, Eugenia spp, Psidium guajava,* e *P. guineense* e *Paspalum conspersum* ocorreram em solos com boa drenagem, porém úmidos. *Cyperus giganteus* e *Typha dominguensis* ocorreram nas várzeas, não

tendo sido observadas em bordas de matas ciliares. *Vigna spp* ocorreu em solo alagável das várzeas.

g) Rio Aguapeí

Dentre os 43 táxons analisados, *Baccharis dracunculifolia, Eupatorium spp, Vernonia spp, Indigofera* cf. *suffruticosa, Solanum paniculatum* ocorreram em solos com boa drenagem, secos a muito úmidos, enquanto *Piper sp, Eugenia spp, Trichilia sp, Sida spp, Cyperus sp* e *Paspalum conspersum* ocorreram em solos úmidos com boa drenagem dos diques marginais, sujeitos a encharcamentos e eventuais alagamentos. Em ambientes abertos, *Paspalum conspersum* e *Hymenachne pernambucencis,* assim como *Mimosa pellita, Ludwigia spp, Sesbania virgata* e *Aeschynomene sensitiva* foram observadas colonizando as bordas das matas ciliares e áreas perturbadas sujeitas ao alagamento sazonal, além de lianas como *Combretum laxum*. A arbustiva *Mimosa pellita* foi muito comum, inclusive com a base submersa.

h) Rio do Peixe

Dentre os 43 táxons analisados, apenas *Erythrina crista-galli* foi esporadicamente observada em solo alagável. A goiabeira *(Psidium guajava)* e o leiteiro (*Tabernaemontana catharinensis)* ocorreram em solos com boa drenagem. As espécies do gênero *Ludwigia spp* e *Mimosa pellita* foram muito comuns tanto em solos alagáveis na foz, à montante, como nas várzeas. *Aeschynomene sensitiva* e *Sesbania virgata* foram comuns nas várzeas e apresentaram ocorrência média à montante e na foz nas margens alagáveis. *Hymenachne pernambucencis, Cyperus giganteus Typha domingensis e Hibiscus cf. striatus* foram mais comuns na foz, *Cyperus sp* foi mais comum à montante nos diques alagáveis e *Cephalanthus glabratus* foi mais raro. *Combretum laxum* ocorreu nas bordas das matas ciliares à montante. *Piper sp, Trichilia sp, Eugenia spp, Vernonia spp, Sida spp* e *Paspalum conspersum* ocorreram em solos com boa drenagem, porém úmidos a temporariamente encharcados. *Baccharis dracunculifolia*, *Eupatorium spp*, *Solanum paniculatum* e *Indigofera cf. suffruticosa* ocorreram em solos com boa drenagem

secos a úmidos. Particularmente *Ludwigia spp e Mimosa pellita* foram abundantes na foz, em solos ácidos, ricos em matéria, formando colônias em bancos arenosos.

i) Reservatório de Porto Primavera e ilhotas

Na maior parte dos trechos percorridos verificou-se que, além da inundação, o principal obstáculo para a ocorrência das espécies é o embate de ondas nas margens. E, com exceção dos locais onde o arenito ainda se mantém menos intemperizado, e/ou locais mais abrigados da corrente de ventos predominantes, e/ou locais de águas rasas abrigadas pelo contorno das margens, bem como locais onde as margens já formaram praia, as encostas do reservatório estão sofrendo processos erosivos ativos e o solapamento é contínuo, dificultando ou impedindo a colonização e a regeneração natural nesses locais. De maneira geral, os táxons analisados no âmbito do presente estudo ocorreram pontualmente, em locais excepcionalmente protegidos do embate de ondas.

Em solos com boa drenagem, tanto na margem direita (Anaurilândia Bataguassú, Brasilândia) como esquerda (Presidente Epitácio, Rosana), acima da cota 258 m, em zona livre da influência direta do embate de ondas, as espécies mais comuns foram *Crotalaria pallida, Baccharis dracunculifolia, Solanum paniculatum, Mimosa* cf. *adenocarpa, Eupatorium spp, Vernonia spp*, *Sida spp,* e *Paspalum conspersum.* Em menor frequência ocorreram *Tabernaemontana catharinensis, Stylosanthes sp, Indigofera* cf. *suffruticosa, Senna alata e Psidium guineense* em áreas abertas perturbadas e/ou áreas em processo de regeneração natural, não tendo sido quase observadas nas ilhotas. *Paspalum notatum,* ocorreu predominantemente em solos com boa drenagem acima da cota 258 m, em fazendas que margeiam o reservatório, e, raramente entre as cota 257 a 258 m. Foram observados dois casos em Anaurilândia, próximo à foz do córrego Três Barras e Quiterói, junto à margem com configuração de praia, logo acima do nível d'água (257 a 257,5), demonstrando certa tolerância a curtos encharcamentos de ondas residuais.

Em solos com boa drenagem, porém úmidos ou muito úmidos e susceptíveis a encharcamentos temporários (cota 257,5 a 258) foram observadas *Andropogon*

bicornis (margem direita em Anaurilândia e ilha em Epitácio), *Psidium guajava, Erythrina crista-galli* (margem direita em Anaurilândia), *Eugenia sp* (trecho recuado da margem direita em Brasilândia e ilha em Epitácio), *Paspalum conspersum* (margem esquerda em Panorama e Paulicéia), *Vigna spp* (margem direita em Anaurilândia, ilha em Presidente Epitácio), *Sesbania virgata* (margem direita em Anaurilândia, ilha em Presidente Epitácio, ilha em Panorama), *Hibiscus* cf. *sororius* (margem esquerda em Rosana, margem direita em Anaurilândia, Bataguassú e ilha em Presidente Epitácio), *Cyperus sp* (margem direita em Bataguassú).

Em solos com drenagem variável, susceptíveis a oscilações no nível d'água do reservatório (entre as cotas 257 e 257,5), *Erythrina crista-galli* ocorreu em área antropizada Presidente Epitácio. Em bordas de mata ciliar ocorreram *Gynerium sagittatum* e *Cissus sp* (ilha em Paulicéia).

Nos locais mais susceptíveis a alagamentos constantes e em regeneração ocorreram *Panicum sp2* (margem esquerda em Rosana, ilha em Presidente Epitácio, ilha em Panorama), *Mimosa pellita* (ilha em Panorama) e *Hymenachne pernambucencis*, sendo que este último ocorreu também em área permanentemente alagada pelo represamento (margem esquerda em Presidente Epitácio).

Em bordas alagadas da mata ciliar e mata em regeneração ocorreram *Typha domingensis* em (margem direita em Bataguassú, Anaurilândia, ilhotas em Epitácio e Panorama), *Cephalanthus glabratus* (margem direita em Bataguassú, Brasilândia, ilha em Presidente Epitácio), *Ludwigia spp* e *Aeschynomene sensitiva* (margem direita em Brasilândia, ilha em Panorama).

j) Síntese quanto à ocorrência em função da disponibilidade hídrica

Para o total de 43 táxons, verificou-se que 20 apresentaram comportamento terrícola, ocorrendo em ambiente não alagável, sendo 10 em solos com boa drenagem, secos, úmidos a muito úmidos, mas também tolerando condições mais áridas (*Tabernaemontana catharinensis, Baccharis dracunculifolia, Crotalaria micans, C. pallida, Indigofera cf. suffruticosa, Stylosanthes sp, Solanum paniculatum, Psidium guineense, Mimosa cf. adenocarpa* e *Paspalum notatum*). Os outros 10 táxons ocorreram em solos secos, úmidos a muito úmidos, com possibilidades de

encharcamentos temporários *(Eupatorium spp, Vernonia spp, Sida spp, Trichilia sp, Eugenia spp, Psidium guajava, Piper sp, Andropogon bicornis, Paspalum conspersum* e *Senna alata*). Tais espécies apresentaram potencial para proteger o solo de processos erosivos superficiais em zonas úmidas das margens de corpos hídricos não sujeitas ao alagamento, tais como sobre os diques marginais em zonas com menor influência fluvial.

Outros 21 táxons apresentaram variações quanto à ocorrência e níveis de encharcamento e alagamento, sendo que 12 ocorreram em locais sujeitos a alagamentos sazonais, mas não foram observados imersos na água (*Erythrina crista-galli, Pouteria* cf. *glomerata, sp, Sesbania virgata, Hibiscus cf. sororius, Lippia alba, Combretum laxum, Vigna spp, Cayaponia podantha, Doliocarpus dentatus, Cissus spp, Gynerium sagittatum* e *Cyperus sp),* enquadrando-se como terrícolas. Outros 9 ocorreram em locais sujeitos a alagamentos sazonais, tanto em solo muito úmido a encharcado como com a base do caule submersa (*Aeschynomene sensitiva, Ludwigia spp, Cuphea Melvilla, Cephalanthus glabratus, Mimosa pellita, Hibiscus* cf. *striatus, Hymenachne pernambucencis, Panicum sp1* e *Panicum sp2).*

Por fim, *Typha domingensis e Cyperus giganteus,* ocorreram em ambiente predominantemente alagado e com a base do caule submersa, comportando-se como macrófitas emergentes Cook (1974).

k) Considerações quanto à ocorrência em função da disponibilidade de luz

Em relação às exigências por luz nos ambientes, a maioria das espécies se comportou como heliófita, ocorrendo em ambientes mais abertos, como em bordas das matas ciliares, áreas de mata ciliar em processo inicial de regeneração, formações de várzea e áreas perturbadas. Determinadas espécies, como *Trichilia sp* e *Piper sp*, comportaram-se como mesófitas e esciófitas, pois ocorreram tanto na borda como no subbosque das matas ciliares. Algumas espécies, como *Pouteria cf. glomerata Eugenia sp*, *Lipia alba* e *Doliocarpus dentatus,* comportaram-se mais como mesófitas, ocorrendo predominantemente nas bordas das matas ciliares e pequenas clareiras. Outras espécies se comportaram como heliófitas e também mesófitas, como no caso de *Ludwigia spp*, *Cuphea Melvilla*, *Erythrina crista-galli, Senna alata, Psidium guajava e Cayaponia podantha.*

Espécies heliófitas demonstraram maior rusticidade se comparadas às esciófitas ocorrendo sob condições de luz difusa. Esse comportamento rústico, típico das espécies colonizadoras, corresponde a um diferencial importante em áreas abertas sofrendo processos erosivos, não somente em relação ao aumento de suas chances de estabelecimento e sobrevivência, como de maior velocidade de crescimento, quando comparada às espécies esciófitas. Em princípio, para a contenção de processos erosivos mais intensos e em curto espaço de tempo, as espécies heliófitas seriam mais indicadas como potenciais. Espécies mesófitas poderiam ser indicadas em zonas mais planas, estáveis e sem erosão, ou em consórcio com outras espécies que façam o papel de controle da erosão, combinando espécies conforme a sua função: controle de erosão ou recuperação do solo ou recuperação da biodiversidade.

As matas ciliares apresentaram-se em diferentes fases de regeneração e estruturação, dispostas em faixas estreitas, sendo muitas vezes imperceptível a diferença entre as bordas e o interior da mata. Suas bordas proporcionavam desde condição mais sombreada como mais ensolarada, conforme a direção do rio e posição de sua margem em relação à posição do sol. Conforme a composição florística das comunidades, muitas vezes conforme a altura, forma e posição das copas das espécies arbóreas, o microclima determinava maior ou menor incidência de luz ao longo do dia.

2.3.4 Ciclo de vida, hábito de crescimento e morfologia (sistema aéreo e radicular)

Os 43 táxons (30 espécies e 13 gêneros) compreenderam 16 herbáceas a subarbustivas, 6 subarbustivas a arbustivas, 10 arbustivas, 6 arbustiva-arbóreas e 5 lianas, classificados segundo observações de campo e literatura (**Tabela 5**). Dentre as gramíneas e afins, 4 predominantemente cespitosas (*Paspalum conspersum, Cyperus sp, Hymenachne pernambucencis* e *Andropogon bicornis)* e 6 rizomatosas *(Paspalum notatum*, *Gynerium sagittatum, Panicum sp1, Panicum sp2, Typha domingensis* e *Cyperus giganteus)*.

Em relação ao ciclo de vida, 39 táxons foram classificados como perenes segundo a literatura (**Tabela 5**), o que representa vantagem em comparação com as

anuais ou bianuais, uma vez que oferecem proteção mais duradoura ao solo contra os processos erosivos.

Quanto ao hábito de crescimento e morfologia, algumas características observadas, consideradas relevantes para a contenção ou mitigação de processos erosivos, tais como intensidade de ramificação ou de formação de colmos (no caso de gramíneas), densidade de folhas e porte dos indivíduos foram apresentadas para os 43 táxons analisados (**Tabela 6)**.

Stokes et al., (2008) citam que, dentre as herbáceas, mais especificamente as gramíneas se destacam por crescerem rapidamente e oferecerem uma densa proteção à superfície do solo. Gray e Sotir (1996) citam as gramíneas de um modo geral como sendo úteis para proteger o solo de processos erosivos superficiais, devido à sua densa malha de raízes rasas. Sanchez e Puigdefabregas (1994) observaram no sul da Espanha a redução do *runoff* e retenção de sedimentos pela gramínea (*Stipa tenacíssima*) que, conforme a intensidade da chuva e o impacto correspondente das gotas de chuva no solo, a densidade mais elevada dessa espécie contribuía para a retenção de sedimentos, devido à própria morfologia e arquitetura de suas touceiras, com a formação de montículos ou camalhões microtopográficos. Zhou e Shangguan (2008) obtiveram resultados similares e ainda mais detalhados ao estudarem a gramínea *Lolium perenne* L., verificando que seu sistema aéreo contribuiu mais para a redução do *runoff* que as raízes, enquanto que as raízes contribuíram com até 96% para a redução na produção de sedimentos no final da estação chuvosa.

Tabela 5 - Características quanto ao hábito, forma e ciclo de vida com base em observações em campo (*) e literatura consultada (a, b, c) de 30 espécies e 13 gêneros analisados. H = herbáceo, S = subarbustivo, B = arbustivo, A = arbóreo, T = trepadeira, L = liana; a = anual, b = bianual, p = perene. (continua...)

	Táxon	Ciclo	Hábito	Literatura consultada
Apocynaceae	*Tabernaemontana catharinensis* A.DC.	p*[a]	B-A*[a]	([a]LORENZI, 2000)
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia* DC.	p*[a]	B*[a]	([a]HEIDEN; SCHNEIDER, 2012)
	Eupatorium spp	a, p[a]	(H, S*, B*)[a]	([a]LORENZI, 2000)
	Vernonia spp	p[a]	(H*, S, B)[a]	([a]LORENZI, 2000)
Combretaceae	*Combretum laxum* Jacq.	p*[a]	L*/B[a]	([a]POTT; POTT, 1994)
Cucurbitaceae	*Cayaponia podantha* Cogn.	p*[b]	T*[a]	([a]GOMES-KLEIN, 2000; [b]POTT; POTT, 1994)
Cyperaceae	*Cyperus giganteus* Vahl	p*[a]	H*[a]	([a]LORENZI, 2000)
	Cyperus sp	p*	H*	-
Dilleniaceae	*Doliocarpus dentatus* (Aubl.) Standl.	p*	B-L*[a]	([a]POTT ; POTT, 2000)
Fabaceae	*Aeschynomene sensitiva* Sw.	p*[a]	S-B[b]/ B*	([a]LIMA et al., 2006; [b]POTT ; POTT, 2000)
	Crotalaria cf. micans Link	a*[a]	S*[b]	([a]LORENZI, 2000; [b]FLORES, 2011)
	Crotalaria pallida Aiton	a-b*[a]	H-S[a]; S[b]	([a]AUSTRALIA, 2010;[b]FLORES, 2011)
	Erythrina crista-galli L.	p*[a]	A[a] / B*	([a]MARCHIORI, 1997)
	Indigofera cf. *suffruticosa* Mill.	p*[a]	S-B*[a]	([a]EISINGER, 1987)
	Mimosa cf. *adenocarpa* Benth.	p*	B*[a]	([a]DUTRA; MORIM, 2011)
	Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.	p*[a]	B*[b]	([a]YULE et al., 2009; [b]DUTRA; MORIM, 2011)
	Senna alata (L.) Roxb.	p*[a]	B*[a]	([a]RODRIGUES et al., 2005)
	Sesbania virgata (Cav.) Pers.	p*[a]	B*[b]	([a]ALLEN; ALLEN, 1981; [b]IGANCI; MIOTTO, 2011)
	Stylosanthes spp	a-b*[a]	S*[a]	([a]COSTA; VALLS 2012)
	Vigna spp	a, p[a,b]	T*[b]	([a]POTT; POTT, 2000; [b]PEREZ, 2012)
Lythraceae	*Cuphea Melvilla* Lindl.	p*[a]	H-S*[a,b]	([a]POTT ; POTT, 2000; [b]BORGO et al. apud CORADIN et al., 2011)
Malvaceae	*Hibiscus* cf. *striatus* Cav.	p*[a]	H-B*[a]	([a]ESTADOS UNIDOS, 2013a)
	Hibiscus cf. *sororius* L.	p*[a]	S[a]; S-B*	([a]POTT ; POTT, 2000)

Tabela 5 - Características quanto ao hábito, forma e ciclo de vida com base em observações em campo (*) e literatura consultada (a, b, c) para 30 espécies e 13 gêneros analisados. H = herbáceo, S = subarbustivo, B = arbustivo, A = arbóreo, T = trepadeira, L = liana; a = anual, b = bianual, p = perene. (...conclusão).

	Táxon	Ciclo	Hábito	Literatura consultada
	Sida spp	a, p[a]	H, S*[b]	([a]LORENZI, 2000; [b]BOVINI, 2013)
Meliaceae	*Trichilia sp*	p*[a]	B, A[a]; B*	([a]STEFANO et al., 2012)
Myrtaceae	*Eugenia* L.	P*	(S, B*, A)[a]	(SOBRAL et al., 2013)
	Psidium guajava L.	p*[a]	B-A[b;] B*	([a]ESTADOS UNIDOS, 2013b; [b]SOBRAL et al., 2012)
	Psidium guineense Sw.	p*[a]	B*[a]	([a]LORENZI, 2006)
Onagraceae	*Ludwigia spp*	a/ p*[a]	S, B*[b]	([a]POTT ; POTT, 2000; [b]VIEIRA, 2012)
Piperaceae	*Piper sp*	p*	S-B*[a]	([a]GUIMARÃES et al., 2013)
Poaceae	*Andropogon bicornis* L.	p*[a,b]	H*[a]	([a]ZANIN, 2001; [b]ROCHA; LINS, 2009)
	Gynerium sagittatum (Aubl.) P.Beauv.	p*[a]	H*[b]	([a]FERREIRA et al., 2011; [b]FILGUEIRAS, 2010)
	Hymenachne pernambucencis (Spreng.) Zuloaga.	p*[a,b]	H*[a,b]	([a]LORENZI, 2000; [b]ROCHA; LINS, 2009)
	Panicum sp1	a[a,b]	H*[c]	([a]GUGLIERI *et al*., 2007; [b]ROCHA; LINS, 2009; [c]GUGLIERI; RODRIGUES, 2011)
	Panicum sp2	p*[a,b]	H*[c]	([a]GUGLIERI *et al*., 2007; [b]ROCHA; LINS, 2009; [c]RODRIGUES, 2011)
	Paspalum conspersum Schrad.	p*[a,b]	H*[a,c]	([a]GOMES, 1995; [b]ROCHA; LINS, 2009; [c]VALLS; OLIVEIRA, 2011a)
	Paspalum notatum Flüggé	p*[a,b]	H*[a]	([a]LORENZI, 2000; [b]BOLDRINI, 2011)
Rubiaceae	*Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.	p*	B*[a]	([a]ZAPPI, 2012)
Sapotaceae	*Pouteria cf. glomerata*	p*[a]	A[a]; B*	([a]CARNEIRO et al., 2013)
Solanaceae	*Solanum paniculatum* L.	p*[a]	B*[a]	([a]MENTZ; OLIVEIRA, 2004)
Typhaceae	*Typha domingensis* Pers.	p*[a]	H*[a]	([a]LORENZI, 2000)
Verbenaceae	*Lippia alba (Mill.) N.E.Br.*	p[a]	S*[a]	[a]MONTANARI et al., 2004)
Vitaceae	*Cissus spp*	p[a]	L*[a]	([a]LOMBARDI, 2000)

Tabela 6 - Características quanto ao crescimento, sistema aéreo e altura/comprimento de 30 espécies e 13 gêneros analisados, com base em observações de campo. Crescimento: St = estolonífero, Rz = rizomatoso, C = cespitoso, E = ereto, D = decumbente, P = prostrada, L = liana; R = Ramificação/ C = Formação de caules ou colmos (Níveis: 1= pouca, 2=média, 3=intensa); Densidade de folhas: F1 = baixa, F2 = média, F3 = alta (continua)

Táxon		Crescimento							Sistema Aéreo						Altura/ Compr. (m)					
		St	Rz	C	E	D	P	L	1	2	3	F1	F2	F3	~ 1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3~
Apocynaceae	*Tabernaemontana catharinensis* A.DC.	-	-	-	x	-	-	-	-	R	-	-	x	x	-	-	-	x	-	-
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia* DC.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	x	-	-	-	-	x	-	-
	Eupatorium spp	-	-	-	x	-	-	-	R	R	-	x	x	-	x	x	-	-	-	-
	Vernonia spp	-	-	-	x	-	-	-	R	R	-	x	x	-	x	x	-	-	-	-
Combretaceae	*Combretum laxum* Jacq.	-	-	-	-	-	-	x	-	-	R	-	-	x	-	-	-	-	-	x
Cucurbitaceae	*Cayaponia podantha* Cogn.	-	x	-	-	-	-	x	-	-	R	-	x	-	-	-	-	-	-	x
Cyperaceae	*Cyperus giganteus* Vahl	-	x	x	x	-	-	-	-	-	C	x	-	-	-	-	x	x	-	-
	Cyperus sp	-	-	x	x	-	-	-	-	-	-	-	-	x	-	-	x	x	-	-
Dilleniaceae	*Doliocarpus dentatus* (Aubl.) Standl.	-	-	-	-	-	-	x	-	R	-	-	x	-	-	-	-	-	x	x
Fabaceae	*Aeschynomene sensitiva* Sw.	-	-	-	x	-	-	-	R	-	-	x	-	-	-	-	-	x	x	-
	Crotalaria cf. micans Link	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	x	x	x	x	-	-	-	-
	Crotalaria pallida Aiton	-	-	-	x	-	-	-	-	R	-	-	x	-	x	-	-	-	-	-
	Erythrina crista-galli L.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	-	x	-	-	-	x	x	-
	Indigofera cf. *suffruticosa* Mill.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	x	-	-	x	-	-	-	-
	Mimosa cf. *adenocarpa* Benth.	-	-	-	x	-	-	-	-	R	-	-	x	-	-	-	-	x	-	-
	Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.	-	-	-	x	-	-	*	-	-	R	-	x	x	-	-	-	x	-	-
	Senna alata (L.) Roxb.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	-	x	-	-	x	x	-	-
	Sesbania virgata (Cav.) Pers.	-	-	-	x	-	-	-	-	R	-	-	x	-	-	-	-	x	x	-
	Stylosanthes spp	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	-	x	x	-	-	-	-	-
	Vigna spp	x	-	-	-	-	x	x	-	-	R	-	-	x	-	-	-	x	x	-
Lythraceae	*Cuphea Melvilla* Lindl.	-	-	-	x	-	-	-	R	-	-	x	-		x	-	-	-	-	-

Tabela 6 - Características quanto ao crescimento, sistema aéreo e altura/comprimento de 30 espécies e 13 gêneros analisados, com base em observações de campo. Crescimento: St = estolonífero, Rz = rizomatoso, C = cespitoso, E = ereto, D = decumbente, P = prostrada, L = liana; R = Ramificação/ C = Formação de caules ou colmos (Níveis: 1= pouca, 2=média, 3=intensa); Densidade de folhas: F1 = baixa, F2 = média, F3 = alta (conclusão)

Táxon		Crescimento							Sistema Aéreo						Altura/ Compr. (m)					
		St	Rz	C	E	D	P	L	1	2	3	F1	F2	F3	~ 1	1-1,5	1,5-2	2-2,5	2,5-3	3~
Malvaceae	*Hibiscus* cf. *striatus* Cav.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	x	x	-	-	x	x	-	-
	Hibiscus cf. *sororius* L.	-	-	-	x	-	-	-	-	R	-	-	x	-	x	x	x	-	-	-
	Sida spp	-	-	-	x	-	-	-	R	R		x	x	-	x	-	-	-	-	-
Meliaceae	*Trichilia sp*	-	-	-	x	-	-	-	-	R	R	-	x	x	-	-	-	x	x	-
Myrtaceae	*Eugenia spp*	-	-	-	x	-	-	-	-	R	R	-	x	x	-	-	-	x	x	-
	Psidium guajava L.	-	-	-	x	-	-	-	-	R	R	-	x	x	-	-	-	x	x	-
	Psidium guineense Sw.	-	-	-	x	-	-	-	-	R	R	-	x	x	-	x	x	-	-	-
Onagraceae	*Ludwigia spp*	-	-	-	x	-	-	-	-	R	R	-	x	x	-	x	x	-	-	-
Piperaceae	*Piper sp*	-	-	-	x	-	-	-	-	R	R	-	x	x	-	-	x	x	-	-
Poaceae	*Andropogon bicornis* L.	-	-	x	x	-	-	-	R	C	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-
	Gynerium sagittatum (Aubl.) P.Beauv.	-	x	x	x	-	-	-	R	-	C	x	-	-	-	-	-	-	-	x
	Hymenachne pernambucencis (Spreng.) Zuloaga.	-	-	x	x	-	-	-	R	-	C	-	-	x	-	x	x	-	-	-
	Panicum sp1	-	x	-	x	-	-	-	-	-	C	-	-	x	x	x	-	-	-	-
	Panicum sp2	-	x	-	-	x	-	-	-	-	C	-	-	x	x	-	-	-	-	-
	Paspalum conspersum Schrad.	-	-	x	x	-	-	-	R	C	-	-	-	x	-	x	-	-	-	-
	Paspalum notatum Flüggé	-	x	-	-	-	x	-	-	-	C	-	-	x	x	-	-	-	-	-
Rubiaceae	*Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	x	x	-	-	x	x	-	-
Sapotaceae	*Pouteria cf. glomerata* (Miq.) Radlk.	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	-	x	-	-	-	x	x	-
Solanaceae	*Solanum paniculatum* L.	-	-	-	x	-	-	-	R	-	-	x	-	-	-	x	x	-	-	-
Typhaceae	*Typha domingensis* Pers.	-	x	x	x	-	-	-	C	-	-	-	-	x	-	-	x	x	-	-
Verbenaceae	*Lippia alba (Mill.) N.E.Br.*	-	-	-	x	-	-	-	-	-	R	-	-	x	x	-	-	-	-	-
Vitaceae	*Cissus spp*	-	-	-	-	-	-	x	-	R	-	x	-	-	-	-	x	x	x	x

As espécies herbáceas, principalmente gramíneas apresentam hábito de crescimento rizomatoso, estolonífero, prostrado, cespitoso, ou aquelas cujos ramos são decumbentes ou inclinados. Entretanto, quanto mais longos ou espalhados forem os estolões, ou rizomas, ou quanto mais formarem um tapete e houver eficácia no crescimento, maior a extensão de área vegetada, e maior a proteção superficial do solo (ESTADOS UNIDOS (1997).

Paspalum conspersum foi observada em solos argilosos e arenosos úmidos e muito úmidos das bordaduras dos cursos d'água e ilhotas, em ambiente de solo drenado, sujeito ao encharcamento temporário. A espécie apresentou hábito de crescimento cespitoso e ereto, colmos fistulosos, porém espessos, rígidos e robustos, assim como alta densidade de folhas, rizomas curtos, 1 a 1,5 m de altura (**Figura 14A, B, C**). Forma touceiras densas, com perfilhamento intenso, que juntamente com as folhas senescentes e secas adquirem aspecto arredondado. Tais características (morfologia do seu sistema aéreo, hábito de crescimento, assim como o volume de sua biomassa) podem facilitar a formação de barreiras ou cordões vegetais e revestimento do solo, como apresentado em Estados Unidos (1997) e Meyer et al. (1995).

Embora o sistema radicular de *Paspalum conspersum* não tenha sido avaliado, o efeito de seu sistema aéreo cespitoso formando touceiras densas e robustas para retardar o escoamento superficial (*runoff*) e reter sedimentos de fluxos concentrados poderia ser testado. Aplicado com essa finalidade no controle de erosão, o capim vetiver (*Vetiveria zizanioides* L. Nash), gramínea nativa da Índia, vem sendo adotado em diversos países para a formação de barreiras vegetais, com densidade de folhas elevada, formação de touceiras densas e robustas, além de destacado sistema radicular, cujo comprimento pode atingir mais de 2 m (TRUONG; SCATTINI, 1990; MEYER et al., 1995).

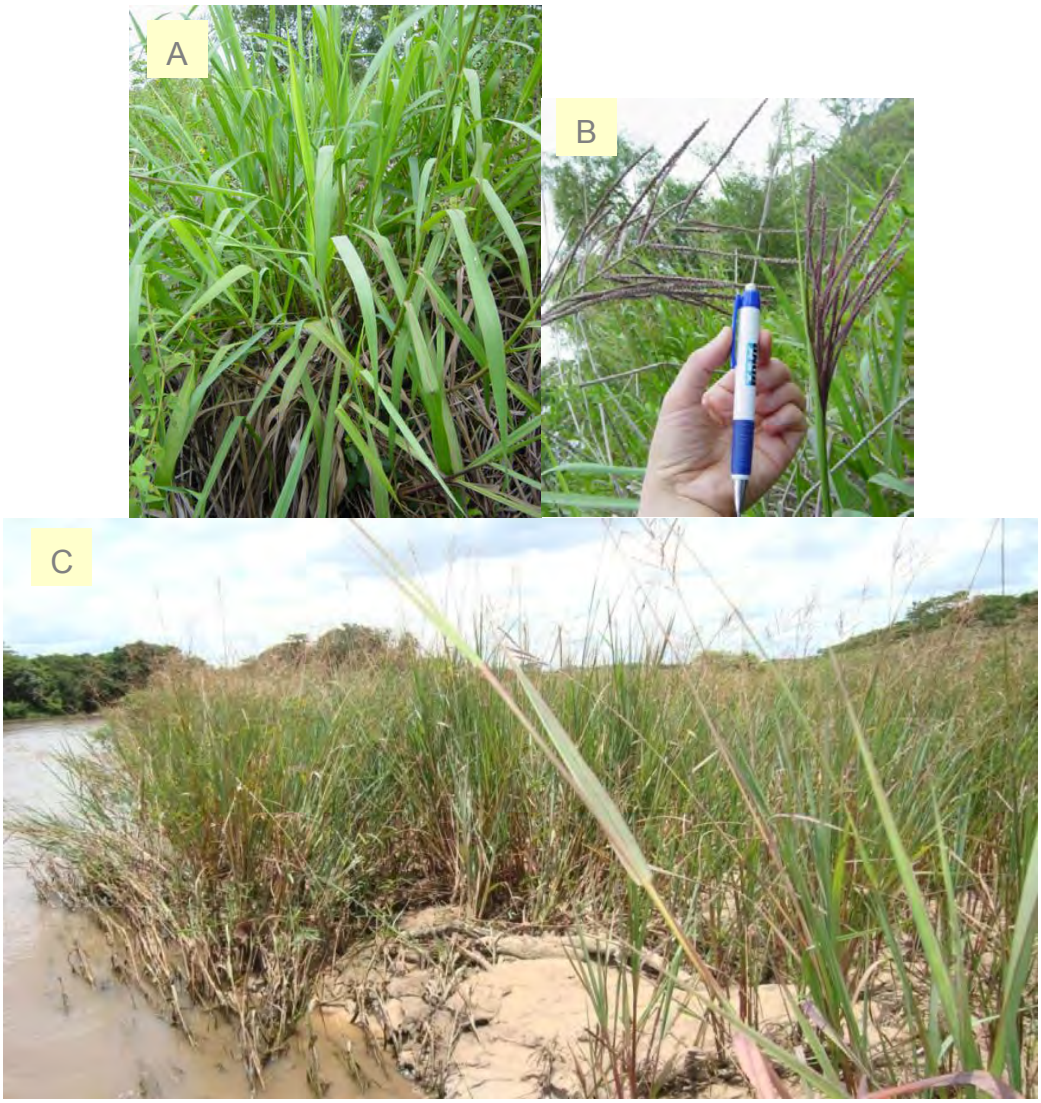

Figura 14 - *Paspalum conspersum*: (A) aspecto da touceira, (B) detalhe da inflorescência; e (C) em área desmatada nas margens da foz do rio Aguapeí (fev. 10) (Fotos: HIROSE, A)

Diferentemente, *Andropogon bicornis* apresentou hábito de crescimento cespitoso e ereto, porém colmos estreitos, média densidade de folhas, rizomas curtos e 1 a 1,5 m de altura, formando touceiras estreitas, muito ornamental (**Figura 15 A** e **B**). A morfologia do seu sistema aéreo, com frágil estrutura dos colmos e folhas assim como o volume reduzido de sua biomassa vegetativa apresentaram-se pouco expressivos quanto à resistência ao impacto das gotas de chuva, revestimento do solo ou formação de barreiras vegetais contra o runoff, apesar de hábito cespitoso e sistema radicular não avaliado. Foi observada em área perturbada de área de empréstimo nas margens

do reservatório coexistindo em mesmo ambiente que as braquiárias e de pastagens, assim como bem próximo aos cursos d'água.

Como aspecto positivo a espécie demonstrou pouca exigência por solos, ocorrendo tanto em solos argilosos como arenosos pobres e ácidos, com tolerância a encharcamentos.

Figura 15 - *Andropogon bicornis*: (A) em área de empréstimo infestada por braquiárias nas margens do reservatório de Porto Primavera (fev. 08); e (B) aspecto da touceira (jan. 08). (Fotos: HIROSE, A)

Cyperus sp apresentou hábito de crescimento cespitoso e ereto, média a alta densidade de folhas, rizomas curtos, altura média de 1,5 a 2,5 m (**Figura 16 A** e **B**). Destacou-se pelas folhas espessas e capacidade de perfilhamento intenso, formando touceiras adensadas e robusas. Sua oorrência em locais de instabilidade, de oscilação na vazão fluvial e certo grau de turbulência, assim como preferência por solos encharcados e tolerância ao alagamento sazonal podem ser indicativos do seu potencial de uso em condições similares, para conter fluxos superficiais de origem pluvial e fluvial. Apresentou aspecto menos viçoso em locais de solo com pouca umidade, e aparente preferência por solos alagáveis, o que pode estar relacionado com o fato de não formar colmos ou rizomas que lhes proporcione reserva hídrica, e ao mesmo tempo, por formar muitas folhas que aumentam sua superfície de exposição.

Foi observada em solos arenosos e argilosos com encharcamento ou alagamento restrito ao sistema radicular, ou seja, o sistema aéreo não foi observado submerso. Esta espécie reúne características morfológicas e fisiológicas que podem ser favoráveis para formar barreiras vegetais e revestimento do solo em consorciação com outras espécies em diques marginais, analogamente ao apresentado em Estados Unidos (1997) e Meyer et al. (1995).

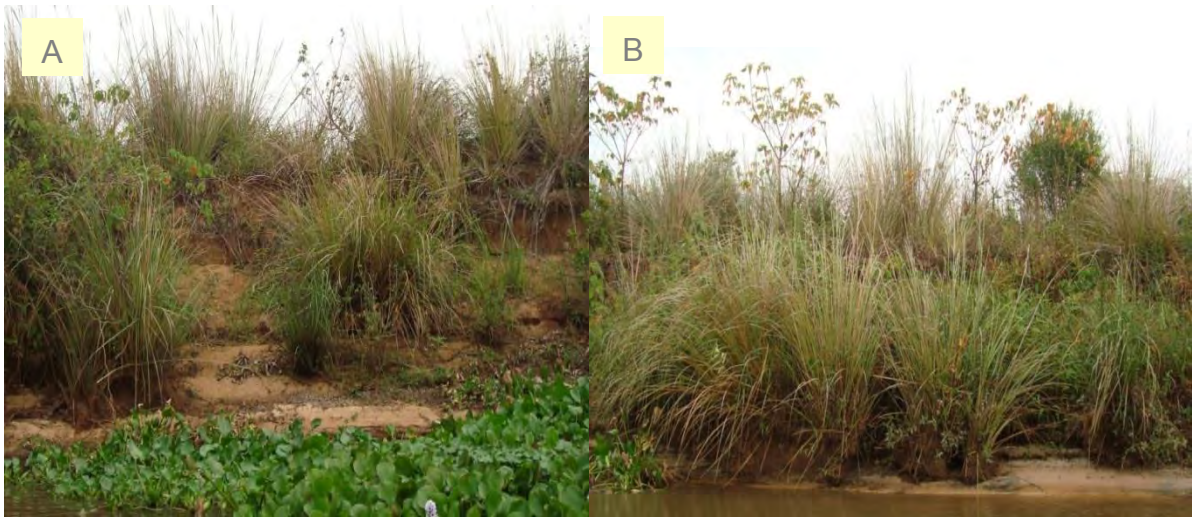

Figura 16 – *Cyperus sp*: (A e B) em margem desmatada no rio Ivinheima sob processos erosivos de origem pluvial e fluvial. (dez. 08). (Foto: HIROSE, A)

Hymenachne pernambucencis apresentou hábito de crescimento cespitoso e ereto, colmos fistulosos, porém espessos, rígidos e robustos, assim como média a alta densidade de folhas, rizomas curtos, e altura de 1 a 2 m (**Figura 17 A, B1** e **B2**). Destacou-se pela capacidade de perfilhamento intenso, densidade de colmos rígidos e eretos muito próximos entre si, além da densidade de folhas, e também de enraizar a partir dos nós, formando touceiras adensadas. Sua oorrência em locais de instabilidade, de oscilação na vazão fluvial e certo grau de turbulência, em solos arenosos e argilosos, assim como aparente tolerância ao alagamento prolongado, são indicativos de sua rusticidade, sugerindo potencial de uso em condições similares.

Figura 17 - *Hymenachne pernambucencis*: (A) em banco arenoso na margem do rio Paraná (out. 08); e (B1, B2) em zona de turbulência após represamento do rio Paraná (margens do reservatório de Porto Primavera em Presidente Epitácio) (ago. 07) (Fotos: HIROSE, A)

Panicum sp1: apresentou hábito de crescimento rizomatoso e ereto, folhas e colmos estreitos e flexíveis, altura de 0,5 a 1,5 m, colmos e folhas que crescem

verticalmente muito próximos entre si e com densidade elevada, formando recobrimentos adensados (**Figura 18 A1, A2, A3** e **B**). Possui capacidade de desenvolvimento intenso do sistema aéreo e radicular a partir de um sistema de rizomas laterais. Foi encontrada em solos arenosos e argilosos. Apesar de ser classificada como anual, perpetua propagando-se vegetativamente. .

Panicum sp2: apresentou hábito de crescimento rizomatoso e decumbente, alta densidade de folhas, embora estreitas, altura de 0,3 a 0,6 m, muitos colmos estreitos, flexíveis, que crescem formando densos recobrimentos sobre as margens alagáveis (**Figura 19 A** e **B**). Possui capacidade de desenvolvimento intenso do sistema aéreo e radicular a partir de um sistema de rizomas, que se ramificam e expandem horizontalmente, recobrindo densamente a superfície do solo. Foi encontrada predominantemente em solos arenosos úmidos ou frequentemente inundados com água rica em nutrientes.

Morfologicamente muito semelhantes entre si, tanto *Panicum sp1* como *Panicum sp2,* ocorreram em locais de instabilidade, de oscilação na vazão fluvial, com tolerância ao alagamento e certo grau de turbulência, o que pode ser um indicativo peliminar do potencial de aplicação de tais espécies em condições similares.

Apesar da falta de estudos sobre o gênero *Panicum* nativo na condição selvagem, Silva et al. (2013) estudaram a relação entre o comprimento das raízes e a nutrição de cultivares de *Panicum dichotomiflorum* (AL Tibagi), verificando tolerância quanto à acidez do solo e eficiência para absorção de nutrientes. Possui sistema radicular mais tolerante à baixa saturação por bases do solo e é mais eficiente na absorção de P, N, Ca, Mg e K em solo ácido.

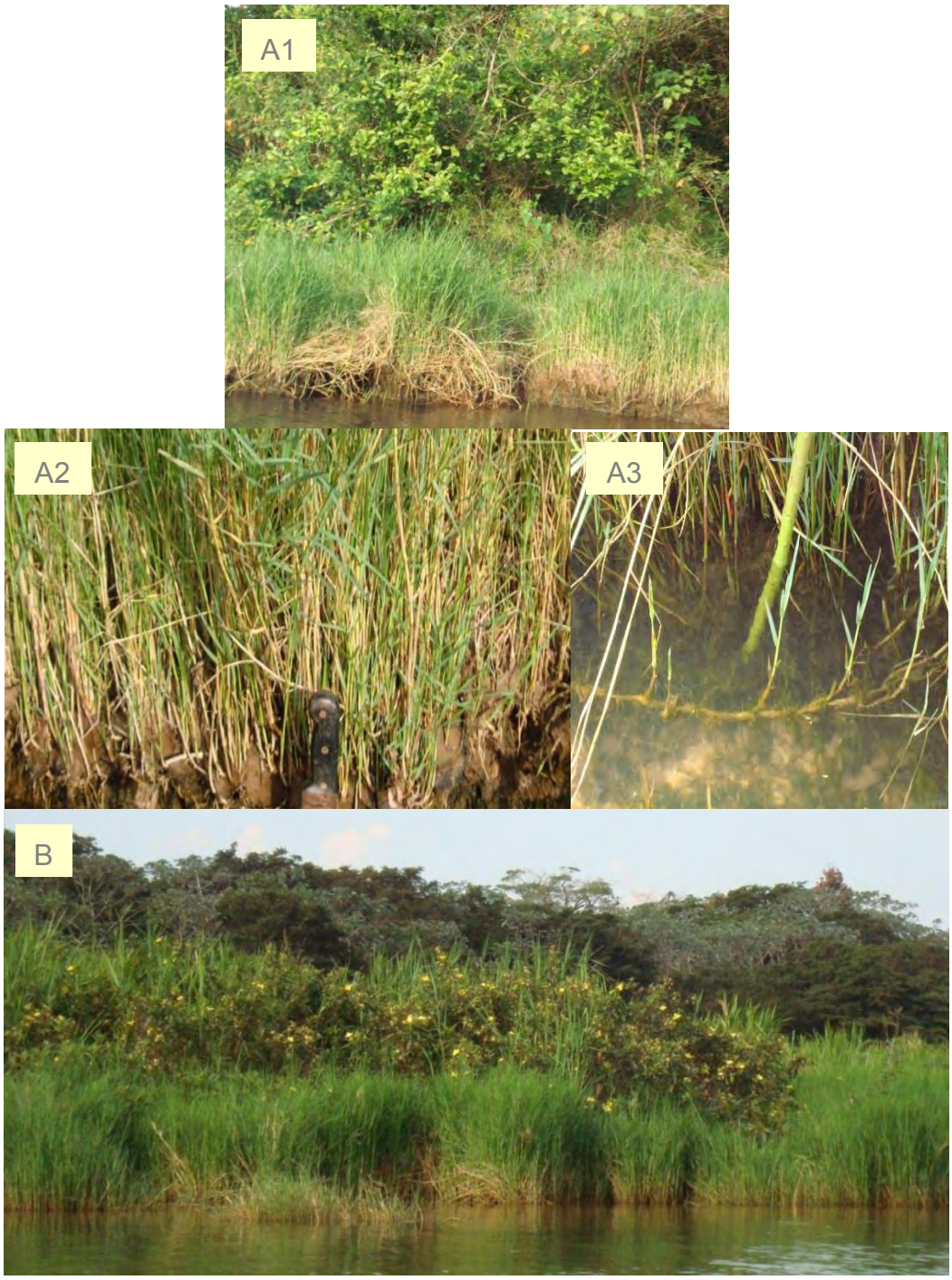

Figura 18 - *Panicum sp1*: (A1) em borda de mata ciliar, susceptível a oscilações no fluxo hídrico e alagamento; (A2) detalhe da densa trama de colmos; (A3) adaptação ao alagamento; e (B) formando escudo de proteção à mata ciliar, consorciada com *Ludwigia sp* e *Hymenachne pernambucencis* (out. 08) (margens do rio Paraná, próximo ao Porto XVIII) (Fotos: HIROSE, A)

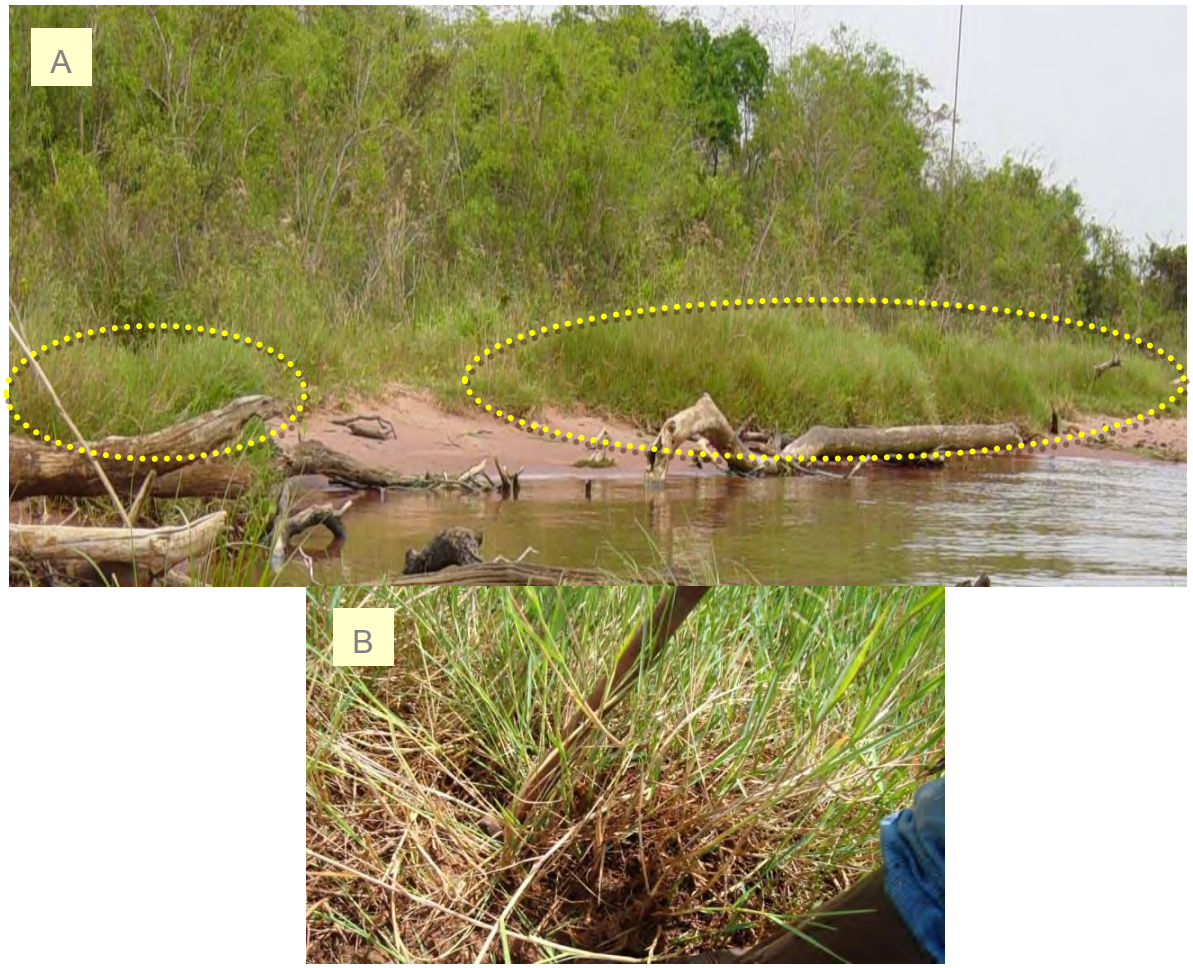

Figura 19 - *Panicum sp2*: (A) em borda de mata ciliar, susceptível a oscilações no fluxo hídrico e alagamento, formando escudo de proteção (set. 07); (B) detalhe da trama flexível de colmos que reveste o solo (jan. 11) margens do córrego do Cateto (Fotos: HIROSE, A)

Gynerium sagittatum apresentou hábito de crescimento rizomatoso e ereto, altura de 3 a 4 m, colmos fistulosos muito espessos e robustos que se desenvolvem a partir de rizomas e baixa densidade de folhas que se concentram na porção superior dos colmos, rusticidade, sendo também muito ornamental (**Figura 20 A** e **B**). Destacou-se pelo hábito de crescimento e porte das touceiras, pois seu sistema de rizomas laterais lhe possibilita expandir-se horizontalmente formando muitos colmos e touceiras extensas, que se estendem por vários metros, além do sistema aéreo, por formar colmos espessos, rígidos e de porte avantajado. Sua ocorrência em margem alagável dos cursos d'água, em solos argilosos e arenosos, sugere aptidão para aplicação em bordas (porção inferior) de diques marginais e taludes, em locais sujeitos a fluxos

hidrológicos intensos, porém alagamentos de curto período, pois, não foi vista com a base submersa. Devido ao porte robusto e crescimento mais lento em comparação outras gramíneas, a consorciação com outras espécies pode proporcionar melhor aproveitamento de seu potencial de proteção de margens.

Figura 20 - *Gynerium sagittatum*: (A) contribuindo para a proteção de mata ciliar em borda susceptível a oscilações no fluxo hídrico e alagamento (margens do rio Paraná) (out. 08); (B) detalhe da biomassa morta de colmos que também participa na proteção do solo (margens de ilhota próxima à foz do rio Verde) (nov. 08). (Fotos: HIROSE, A)

Com destaque para a rusticidade, *Hymenachne pernambucencis, Panicum sp1*, *Panicum sp2* e *Gynerium sagittatum* reúnem diversas características (morfológicas e fisiológicas) de interesse para aplicação em zonas de fluxo superficial de origem fluvial, e também pluvial, em solos sujeitos ao encharcamento e alagamentos temporários. Além disso, a propagação por meios vegetativos em combinação com a morfologia do sistema aéreo e radicular formando touceiras densas destas espécies pode favorecer a formação de zonas de amortecimento ao fluxo hidrológico horizontal e turbilhonamento (erosão lateral e ondas) e escoamento superficial.

Recomenda-se a aplicação destas quatro espécies em experimentos formando-se faixas vegetais na base de diques marginais ou bordas voltadas para o canal do rio, em solos argilosos e arenosos, para avaliar a possibilidade de prevenção e contenção de processos erosivos e solapamentos. Não foram encontrados estudos ou aplicação destas espécies para o controle de erosão. As referências nessa linha se restringem a experiências estrangeiras sobre formação de barreiras vegetais em encostas (ESTADOS UNIDOS, 1997; MEYER et al., 1995), não tendo sido encontrados trabalhos similares para diques marginais.

Paspalum notatum apresentou hábito de crescimento rizomatoso, prostrado a decumbente, possui colmos curtos de 10 a 20 cm, não ramificado, rizomas estreitos (2 a 5 mm), multiplicação por sementes e vegetativa, desenvolvendo-se de forma horizontalizada com uma parte exposta comprimida sobre o solo, raízes alinhadas em fileiras e alta densidade de folhas a partir da base (**Figura 21 A, B** e **C**). Foi observada em solos argilosos e arenosos, inclusive ácidos e pobres em nutrientes, desde drenados secos, úmidos a muito úmidos, tolerando encharcamentos temporários das margens do reservatório, principalmente, integrada a áreas de pastagens cultivadas. Despertou interesse para ser melhor estudada devido à morfologia do sistema aéreo, rizomas e hábito de crescimento, favorável ao revestimento do solo como um tapete vegetal, como relatado para gramíneas em geral por Estados Unidos (1997) e Meyer et al. (1995), que além de proteger o solo de processos erosivos superficiais pelo amortecimento do impacto das gotas de chuva, principalmente em zonas de declividade

em condições de solo drenado, favorece o consórcio com leguminosas e outras espécies de diferentes hábitos.

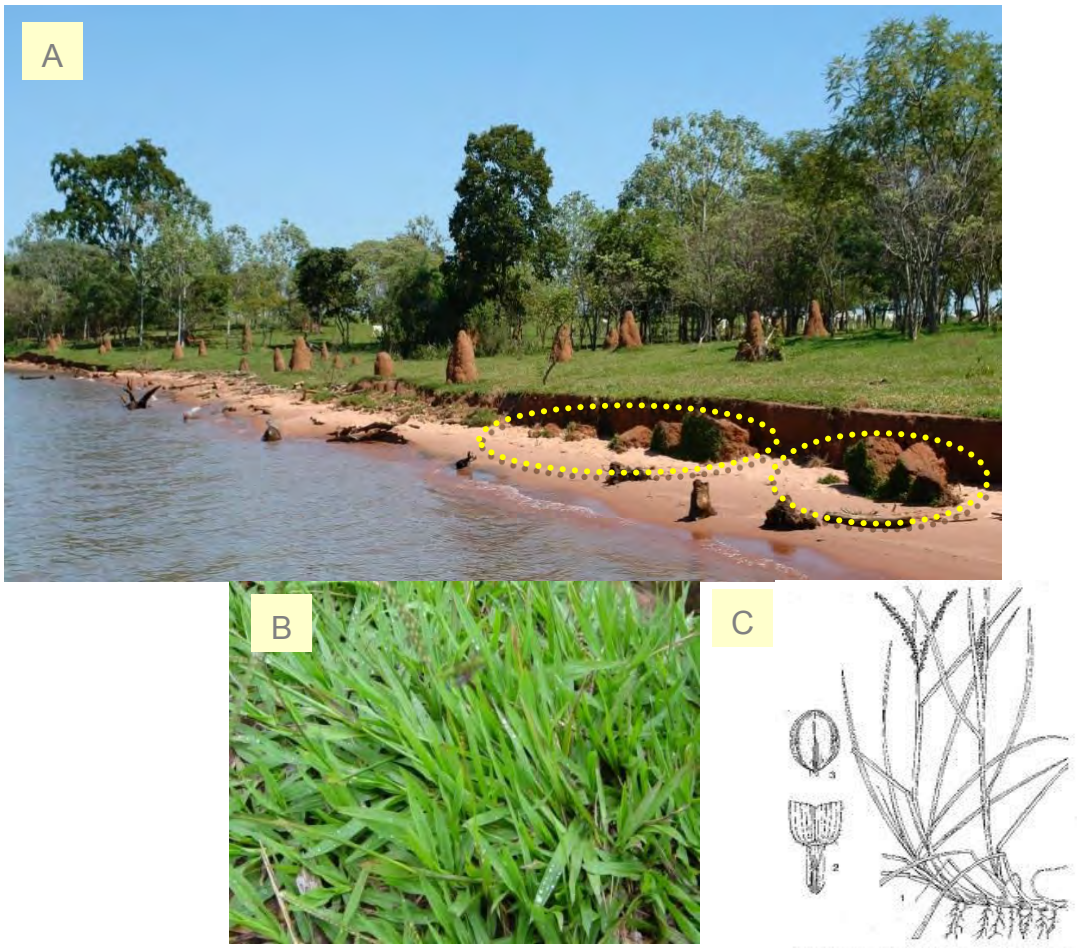

Figura 21 - *Paspalum notatum*: (A) revestindo o solo em trecho de pastagem da margem do reservatório de Porto Primavera em Anaurilândia (notar o desprendimento de blocos de solo da margem devido à ação das ondas mesmo em terreno com configuração de praia) (abr. 08); (B) detalhe do sistema aéreo recobrindo o solo; (C) ilustração do hábito de crescimento com estruturas vegetativas e inflorescência. (Fotos: HIROSE, A)

Cyperus giganteus apresentou hábito de crescimento rizomatoso e ereto, altura entre 1,5 a 2,5 m, desenvolvem folhas reduzidas e escassas, caules esponjosos firmes, rizomas curtos desenvolvendo-se horizontalmente, dos quais se formam muitos caules aproximados, formando conjuntos densos tanto em solos argilosos, siltosos e arenosos férteis (**Figura 22**). Segundo Scultorpe (1967 apud RODRIGUES; ESTELITA, 2004), a espécie possui aerênquima, que lhe confere a capacidade de sobreviver bem em

alagamentos prolongados. Tem preferência por ambientes permanentemente alagados, mas também tolera períodos de seca, sendo considerada anfíbia. Segundo Lorenzi (2000), é típica de terrenos pantanosos de quase todo o país. A espécie é classificada como macrófita aquática emergente, forma conjuntos densos no Pantanal, pântanos na Amazônia e Ilha de Marajó (POTT; POTT, 2000). Apesar de suas características favoráveis à formação de proteções vegetais, esta espécie é considerada infestante de corpos hídricos rasos em geral, por formar conjuntos densos que causam obstrução do fluxo hídrico e redução do oxigênio da água ao se decompor.

Figura 22 - *Cyperus giganteus*: (A) detalhe das antelas férteis; e (B) em trecho assoreado do canal do rio Paraná, em zona de baixo fluxo hídrico (out. 08) (Foto: HIROSE, A)

Typha domingensis apresentou hábito de crescimento rizomatoso e ereto, altura entre 1,5 a 2,5 m, muitas folhas lineares, verticais, o caule esponjoso se restringe à haste floral, rizomas muito desenvolvidos, de onde se desenvolvem as hastes florais. Foi observada em solos arenosos ou argilosos, ácidos ou alcalinos alagáveis a alagado (**Figura 23 A, B** e **C**). Pott e Pott, 2000 citam sua ocorrência em lagoas e brejos, e a classificam como aquática emergente. Há autores que a citam como importante para o controle ambiental e mitigação de impactos, tais como a fixação de margens e controle de erosão de canais (SAINTY; JACOBS, 1994). Ao mesmo tempo, outros autores a classificam como daninha e invasora de áreas de nascentes, rios e córregos

intermitentes (LORENZI, 2000; KISSMANN, 1997), devido ao vigor de propagação, formando conjuntos homogêneos ("taboal") inibindo outras espécies nativas (POTT; POTT, 2000). Apesar de ampla ocorrência nos trópicos, sendo inclusive classificada como nativa no Brasil (BOVE, 2012), seu potencial de dispersão chama atenção pela quantidade de sementes semelhantes a plumas produzidas por infrutescências compactas, dispersadas pelo vento, que podem interferir na dinâmica populacional de outras espécies nativas importantes para a restauração de ecossistemas. Assim, mesmo possuindo características potencialmente favoráveis à proteção de margens de corpos hídricos, devido às prováveis dificuldades de controle e manejo, sua aplicação não é recomendada.

Figura 23 - *Typha domingensis*: (A) em ilha flutuante no rio do Peixe (nov. 08); (B) em trecho protegido do embate de ondas em margem de ilhota em Presidente Epitácio (30 jan. 08); (C) detalhe das sementes liberando-se da infrutescência (Fotos: HIROSE, A)

Stokes et al., (2008) mencionam que as plantas herbáceas, por possuírem pouco ou nenhum tecido lenhoso, podem muitas vezes crescer mais próximas ao solo, proporcionando-lhe um recobrimento denso, e ao mesmo tempo um sistema radicular raso. Devido ao meristema estar no nível do solo, danos moderados à planta não comprometem sua sobrevivência, e um rápido e novo crescimento pode ocorrer. González-Hidalgo et al. (1997), estudando a relação entre a morfologia da cobertura vegetal de herbáceas e a taxa de sedimentação, verificaram que tanto a arquitetura da planta individualmente, como a associação de plantas podem exercer o amortecimento da chuva por meio do escoamento pelo caule e penetração pela copa.

Bochet et al. (1998), ao compararem os efeitos da proteção mecânica contra a desagregação do solo pelas gotas de chuva e a melhoria nas propriedades do solo proporcionada pela planta isoladamente, verificaram que as três espécies reduziram o *runoff* e perda de solo de maneiras distintas. Uma gramínea (*Stipa tussocks)* conteve a erosividade da chuva e reduziu a erosão por *splash* pelo "*efeito screen*", devido à copa densa. Um subarbusto (*Rosmarinus officinalis)*, além da proteção mecânica oferecida pela copa e camada de serapilheira, melhorou também a estrutura do *topsoil* pela incorporação da matéria orgânica abaixo sob sua copa. Entretanto, outro subarbusto (*Anthyllis cytisoides)*, que é decíduo, promoveu pouca proteção física superficial contra o impacto da gota de chuva do solo.

Espécies herbáceas e subarbutisvas podem ser utilizadas para formação de barreiras vegetais (ou barreiras vivas ou cordões vegetados). Espécies cespitosas ou muito ramificadas a partir da base do caule, apresentando colmos ou ramos espessos, firmes e resistentes, formando touceiras densas ou uma biomassa densa de ramos/ colmos e folhas apresentam maior potencial de redução da energia da água do escoamento superficial e retenção de sedimentos. Estas barreiras funcionam irradiando e espalhando o escoamento da água superficial reduzindo o fluxo hídrico, de modo a reduzir a desagregação e transporte de partículas de solo (MEYER et al., 1995; AASE; PIKUL, 1995; ESTADOS UNIDOS, 1997). Aparentemente, as barreiras vegetais são mais comumente aplicadas em solos com boa drenagem, em zonas de maior declive para conter processos erosivos superficiais. Seguindo o mesmo princípio quanto à utilização da vegetação para formar rugosidades como meio de reduzir ou dissipar a energia hídrica contra a desagregação, arraste e/ou turbilhonamento, recomenda-se a sua aplicação na base e/ou bordas de diques marginais contra a erosão de origem fluvial e/ou embate de ondas para espécies adaptadas a essas condições.

No âmbito do presente trabalho, a diversidade do hábito de crescimento com as características morfológicas e porte dos diferentes táxons resultaram em combinações muito variadas, conforme apresentado a seguir.

A herbácea a subarbustiva *Cuphea Melvilla,* apesar de ter apresentado pouca ramificação e baixa densidade de folhas, além do porte pequeno com altura de até 1 m,

consegue formar tanto colônias com aspecto de moitas, como conjuntos populacionais adensados, além da facilidade para consorcia-se com outras species, inclusive gramíneas. A presença de sílica detectada na estrutura do caule confere-lhe maior resistência ao fluxo hídrico. Esta espécie despertou grande interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado em solos úmidos e sujeitas a alagamentos sazonais, formando faixas ou barreiras vegetais para proteção da base de diques marginais, evitando processos de solapamento (**Figura 24 A1** e **A2**).

Figura 24 - *Cuphea melvilla:* (A1) margens do rio Verde (nov. 08); (A2) margens do rio Paraná (dez. 10) (Fotos: HIROSE, A.)

A subarbustiva *Lippia alba* apresentou intensa ramificação, alta densidade de folhas e altura de até 1 m, despertando grande interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção da base e borda de diques marginais em locais sujeitos a encharcamenos ou curtos alagamentos sazonais (**Figura 25 A1** e **A2**).

XU et al. (2009), ao estudarem duas espécies herbáceas e uma subarbustiva com morfologias contrastantes, verificaram que estas podem contribur tanto para reduzir a profundidade do *runoff*, reduzir a perda de solo, como para reduzir a compactação do solo e aumentar o teor de nutrientes, e, consequentemente a qualidade do solo, mas seus efeitos variaram conforme a morfologia de cada uma delas. Quanto maior o percentual de cobertura vegetal proporcionado por características como largura,

comprimento e cobertura de copa das plantas, menores foram os valores obtidos quanto à profundidade do *runoff* e à perda de solo.

Figura 25 (A1 e A2) Lippia Alba (margens do rio Paraná, ago. 07) (Fotos: HIROSE, A.)

Alguns gêneros apresentaram hábito de crescimento e características morfológicas muito distitntas conforme a espécie, como no caso de *Eupatorium spp, Vernonia spp* e *Sida spp* que abrangem espécies herbáceas, subarbutivas e arbustivas. Apresentaram pouca a média ramificação, densidade de folhas variável e alturas de 0,5 a 1,5 m, e, conforme a espécie, despertaram maior ou menor interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção superficial do solo em locais mais úmidos ou com possibilidade de encharcamentos de curtos períodos pela influência fluvial e do freático. (**Figura 26 A** e **B**).

Apesar de espécies herbáceas e subarbustivas anuais fornecerem proteção temporária ao solo enquanto vivas, elas podem fornecer matéria orgânica e nutrientes ao solo mais rapidamente como cobertura morta, após a finalização de seu ciclo de vida. Assim, apresentam como vantagem dar oportunidade para que outras espécies possam dar continuidade ao controle de erosão e processo de restauração mais cedo que as perenes. Diferentemente, espécies herbáceas e subarbustivas perenes nativas

podem oferecer vantagens em comparação com as arbustivas e arbustivo-arbóreas, por crescerem mais rapidamente, e em comparação com outras herbáceas e subarbustivas anuais, por protegerem o solo por mais tempo.

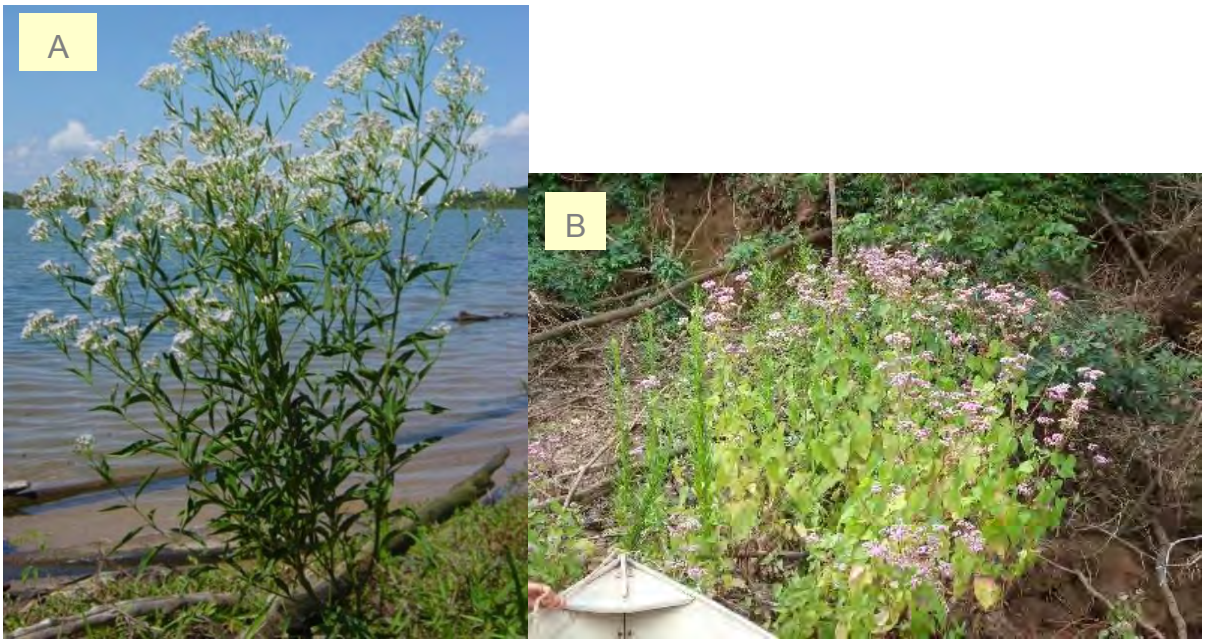

Figura 26 - (A) *Eupatorium sp* (margens do córrego Cateto, abr. 08); (B) *Vernonia sp* (margens do Paranapanema, nov. 10) (Fotos: HIROSE, A.)

No setor agrícola, plantas que atingem porte pequeno, normalmente herbáceas e subarbustivas, que podem formar uma densa cobertura de ramos e folhas sobre solo em áreas potencialmente erodíveis são denominadas de plantas de cobertura. As plantas de cobertura são em sua maioria de ciclo anual, sendo utilizadas tanto para proteger o solo temporariamente dos impactos das gotas de chuva, como enriquecê-lo após a finalização do seu ciclo de vida pela decomposição da matéria orgânica. Mais recentemente, na última década as plantas de cobertura vêm sendo utilizadas em procedimentos de restauração, embora a seleção de espécies exóticas como por exemplo *Crotalaria juncea, Cajanus cajan* e *Canavalia ensiformis* tem sido mais comum, não havendo quase relatos de uso de espécies nativas.

Em estudos realizados por Gyssels e Poesen (2003) com cereais e gramíneas, os autores constataram que tanto o aumento da densidade de ramos como do sistema radicular resultaram num decréscimo exponencial das taxas de erosão por fluxo

concentrado, sugerindo que o aumento da densidade de raízes no *topsoil* poderia ser uma estratégia viável para a redução das taxas de erosão hídrica, enfatizando opapel das espécies herbáceas, subarbustivas e arbustivas para o controle da erosão devido às suas características morfológicas, tanto do sistema radicular como aéreo. Uma vez que a proteção da superfície do solo na fase inicial de desenvolvimento das arbustivo-arbóreas e arbóreas é crucial para a redução das taxas de erosão hídrica, o aumento da densidade de raízes de herbáceas, subarbustivas e arbustivas no *topsoil* pode trazer grandes benefícios para o controle da erosão.

As leguminosas subarbustivas anuais/ bianuais *Stylosanthes sp* e *Crotalaria cf. micans* apresentaram ramificação média a intensa, alta densidade de folhas e menos de 1 m na primeira e até 1,5 m na segunda, despertando grande interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado e barreiras vegetais para a proteção superficial do solo, em locais de solo drenado e topografia suave, afastados da influência fluvial direta e com menor influência do freático, além do potencial para a recuperação do solo (**Figura 27 A1, A2, B1** e **B2**).

As leguminosas herbáceas a subarbustivas *Crotalaria cf. micans*, *Stylosanthes spp* e *C. pallida*, apesar do potencial de contribuição temporária como anuais ou bianuais, são espécies de rápido crescimento e que desenvolvem biomassa significativa, com potencial de contribuir para recobrir e proteger o solo rapidamente. E, mesmo após a finalização do seu ciclo de vida, continuam a protegê-lo e nutri-lo na forma de cobertura morta e adubos verdes. Tais espécies, ao mesmo tempo em que protegem o solo de processos erosivos, criam condições para que outros grupos de espécies possam ser introduzidos, para dar prosseguimento ao processo de recuperação do solo e restauração do ecossistema. Apesar do seu valor biológico quando comparadas às leguminosas exóticas, salvo algumas exceções, sua utilização como adubos verdes em práticas de restauração ainda é rara, pelo fato de suas sementes não serem comercializadas.

Figura 27 - (A1 e A2) *Stylosanthes sp* (out. 07); (B1 e B2) *Crotalaria cf. micans* (jun. 08). (rio Paraná, margens da ilha Aurora) (Fotos: HIROSE, A.)

A subarbustiva anual *Crotalaria pallida* (exótica naturalizada) e a arbustiva perene *Solanum paniculatum* apresentaram pouca biomassa, estrutura da copa rala associada a hábito de crescimento ereto, pouca a média ramificação, baixa a média densidade de folhas e alturas entre 0,5 a 1,5 m, despertando menor interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção superficial do solo em locais de solo drenado e topografia suave, afastados da influência fluvial direta e com menor influência do freático (**Figura 28 A** e **B**).

A ramificação das copas, e ao mesmo tempo a densidade de folhas nos ramos e o comportamento perenifólio são características importantes que aumentam a possibilidade de proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva, como observado em alguns trabalhos para outros táxons (BOCHET et al., 2006; HERWITZ;

SLYE, 1995). Segundo Estados Unidos (1997), quanto mais emaranhados e densos forem os ramos, mais eficaz será o recobrimento vegetal contra o impacto das gotas de chuva.

Figura 28 - (A) *Crotalaria pallida* (jun. 08); (B) *Solanum paniculatum* (set. 07). (margens do rio Paraná) (Fotos: HIROSE, A.)

A subarbustiva a arbustiva perene *Hibiscus. cf. sororius* apresentou ramificação e densidade de folhas média e altura de até 2 m, despertando interesse médio para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção superficial do solo em locais sujeitos a encharcamenos e alagamentos sazonais (**Figura 29 A1** e **A2**).

Figura 29 (A1 e A2) *Hibiscus. cf. sororius* (margens do rio Ivinheima, out. 08) (Fotos: HIROSE, A.)

Os arbustos são definidos como plantas lenhosas de crescimento reduzido e com ramos múltiplos. Os arbustos podem variar em altura, e dependendo da espécie pode variar de 0,2 m até a altura das árvores, não atingindo o mesmo porte e são mais fáceis de controlar e manter. Embora seu sistema radicular não consiga se espalhar e se aprofundar tanto quanto as arbóreas, a força de tensão pode ser comparável, dependendo da espécie. Plantas lenhosas possuem ramos lenhosos perenes e suportam crescimento vegetativo. Muitas plantas anuais conseguem formar ramos lenhosos no primeiro ano, contudo morrem em seguida (STOKES et al. , 2008).

As subarbustivas a arbustivas *Ludwigia spp, Hibiscus cf. striatus, Mimosa pellita* e *Cephalanthus glabratus* apresentaram média a intensa ramificação, média a alta densidade de folhas, com alturas de 1 a 2 m na primeira e 1,5 a 2,5 m nas demais, despertando elevado interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção do solo de diques marginais em zonas sujeitas a alagamentos sazonais mais prolongados. E, com exceção de *Cephalanthus glabratus,* as demais também apresentaram características de interesse para a formação de barreiras vegetais (**Figura 30 A1, A2, B, C** e **D**).

A arbustiva *Aeschynomene sensitiva* despertou menos interesse para a proteção superficial do solo, pois, apresentou copa pequena, com estrutura rala, poucas ramificações, baixa densidade de folhas e ramos, folhas e folíolos pequenos e delicados em baixa densidade e hábito de crescimento ereto. Apresentou atributos de interesse para a recuperação do solo e fornecimento de recursos alimentares à fauna, conforme mencionado nos itens posteriores, bem como em relação ao seu sistema radicular.

Figura 30 - *Ludwigia sp:* (A1) margens do rio Aguapeí (dez. 08) e (A2) margens do rio Ivinheima (out. 08); *Hibiscus cf. striatus:* (B) e *Cephalanthus glabratus:* (C) margens do rio Ivinheima (out. 08); e *Mimosa pellita:* (D) margens do rio Aguapeí (fev. 10) (Fotos: HIROSE, A.)

A arbustiva *Sesbania virgata* apresentou média ramificação, baixa a média densidade de folhas e altura de 2 a 3 m, despertando pouco interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção superficial do solo em locais sujeitos a encharcamenos e alagamentos sazonais. Além de aparentemente caducifólia, suas folhas se apresentaram frequentemente atacadas por lagartas e besouros (**Figura 31A**). A arbustiva *Senna alata* apresentou intensa ramificação, alta densidade de folhas e altura de 1,5 a 2,5 m, despertando grande interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção superficial do solo em locais de solo drenado, afastados da influência fluvial direta ou menor influência do freático (**Figura 31B**).

Figura 31 – (A) *Sesbania virgata* (margens do rio Paraná na ilha Aurora, out. 07) (B) *Senna alata* (margens do rio Verde, nov. 08); (Foto: HIROSE, A.)

As arbustivas *Indigofera* cf. *suffruticosa, Psidium guineense, Baccharis dracunculifolia, Mimosa cf. adenocarpa* e a arbustivo-arbórea *Tabernaemontana catharinensis* apresentaram média a intensa ramificação e média a alta densidade de folhas, com alturas variando de 1 a 2 m nas duas primeiras e 2 a 2,5 m nas demais, despertando elevado interesse para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção superficial do solo em locais de solo drenado, afastados da influência fluvial direta ou com menor influência do freático (**Figura 32 A1, A2, B e C**).

Figura 32 - (A1 e A2) *Indigofera cf. suffruticosa* (out. 07); (B) *Baccharis dracunculifolia* (out. 07); (C) *Psidium guineense* (dez. 08). (rio Paraná, margens da ilha Aurora) (Fotos: HIROSE, A.)

A arbustiva *Piper sp* e as arbustivas a arbustivo-arbóreas *Psidium guajava, Eugenia spp* e *Trichilia sp* apresentaram média a intensa ramificação, média a alta densidade de folhas e alturas de 1,5 a 3 m, despertando interesse médio a elevado para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado para a proteção superficial do solo em locais de solo drenado, afastados da influência fluvial direta ou menor influência do freático (**Figura 33 A1** e **A2**).

Figura 33 - (B1 e B2) *Trichilia sp* (margens do rio Paranapanema, nov. 10). (Fotos: HIROSE, A.)

- As arbustivo-arbóreas *Erythrina crista-galli* e *Pouteria cf. glomerata* apresentaram intensa ramificação, alta densidade de folhas e alturas de 2 a 3 m, estrutura foliar coriácea e firme, sobreposição de ramos inclinados expandindo os ramos laterais, despertando interesse elevado para se testar a formação de recobrimento vegetal adensado (**Figura 34 A, B1, B2** e **C**), em locais de solo drenado, afastados da influência fluvial direta ou com menor influência do freático. *Pouteria cf. glomerata* foi observada quase sempre nas bordas das

matas ciliares com ramos inclinados, projetados na direção do curso hídrico. *Erythrina crista-galli*, apesar de alcançar porte considerável como arbórea pioneira em regiões mais frias como no Sul do Brasil, na região de estudo foi observada quase sempre ramificada na base do caule e com porte arbustivo ou arbustivo-arbóreo, o que pode ou não estar relacionado ao fato de serem sempre zonas de instabilidade.

As árvores são descritas como plantas lenhosas perenes, normalmente possuidoras de um tronco principal e uma copa distinta, e, dependendo do tipo de solo, suas raízes podem crescer até vários metros de profundidade e se expandirem lateralmente (STONE; KALISZ, 1991). As árvores são muitas vezes consideradas adequadas ao reforço do solo em encostas, apesar de que se o solo é raso, árvores altas são mais susceptíveis à queda durante ventanias, reduzindo, portanto, a estabilidade das encostas. A vegetação responde de maneiras distintas em ambientes distintos. O crescimento em encostas pode ser dificultado, especialmente em regiões mais montanhosas, onde os recursos podem ser limitantes e os eventos climáticos extremos (STOKES et al., 2008).

Geissler et al. 2012 estudaram a influência das características da arquitetura da planta na erosividade da precipitação de plântulas de 4 espécies arbóreas pioneiras. Os autores encontraram efeito significativo da densidade das plântulas na KE da precipitação interceptada, principalmente devido à relação entre a precipitação direta e a precipitação interceptada. Como a energia cinética KE da primeira é bem maior que a segunda interceptada pelas plântulas, se a densidade das plântulas é menor, isto implicará em uma KE interceptada total elevada. Os autores também demonstraram que a influência da densidade de plântulas na KE interceptada diminui com o aumento da altura das plântulas, devido ao crescimento lateral das copas. A KE interceptada foi significativamente distinta entre as espécies. Os autores atribuíram tais diferenças às características distintas na arquitetura das copas entre as diferentes espécies. Tais características geram influência na KE interceptada e interagem entre si, ou seja, dependendo da magnitude, uma copa pode impor efeitos às outras.

Figura 34 - (A) *Erythrina crista-galli* (margens do reservatório de Porto Primavera em Presidente Epitácio, ago. 07); (B1 e B2) *Pouteria cf. glomerata* (margens do rio Ivinheima, out.08); (C) *Erythrina crista-galli* (margens do reservatório de Porto Primavera próximo à barragem em Anaurilândia, set. 07) (Fotos: HIROSE, A.)

As trepadeiras e lianas, embora sejam vistas muitas vezes como obstáculos, por competirem e interferirem no desenvolvimento de outras espécies, seu potencial para proteger o solo de processos erosivos, estabelecendo-se em terrenos erodidos ou com declividade muito acentuada, onde outros hábitos teriam mais dificuldade, ainda é pouco conhecido, não tendo sido encontradas referências de trabalhos sobre o seu potencial para controle de erosão.

Van Dersal, 1939 (apud ESTADOS UNIDOS, 2006) afirma de maneira generalizada que um emaranhado de trepadeiras entrelaçadas pode proteger a superfície do solo, sendo que cada caso deve ser considerado particularmente, em função de uma série de fatores e objetivos pretendidos para uma determinada área. Acredita-senque a possibilidade de sua conjugação com estruturas físicas em técnicas de bioengenharia de solos para o controle de erosão também não deve ser descartada. Na região estudo foi comum observar a ocorrência de inúmeras espécies de trepadeiras e lianas em bordas de remanescentes de matas ciliares em processo de regeneração no entorno de ilhotas, após o represamento do rio Paraná. Para os 5 táxons de trepadeiras/ lianas analisadas no âmbito do presente estudo foram feitas as observações quanto ao recobrimento vegetal foram as seguintes:

Combretum laxum apresentou ramificação intensa, com densidade elevada de folhas coriáceas, resistentes e ao mesmo tempo flexíveis. Foi observada em bordas de matas ciliares, recobrindo copas de indivíduos arbustivos e arbóreos secos ou caídos, formando recobrimento vegetal adensado, com ramos escandentes de mais de 4 m de comprimento “debruçando-se” nas margens dos rios. A arquitetura formada por seus ramos e folhas sugere a realização de testes em conjugação com estruturas de proteção quanto à possibilidade de amortecimento ou absorção da energia hídrica pela biomassa aérea, evitando que esta atinja diretamente a margem, e que normalmente resulta em erosão lateral e erosão por embate de ondas (**Figura 35 A1** e **A2**).

Cissus spp não se destacaram quanto à possível formação de recobrimento vegetal adensado e/ou barreiras vegetais, devido ao sistema aéreo, pouco ramificado e baixa densidade de folhas. Além disso, seu sistema radicular apresentou-se constituído de raízes aéreas longas e delgadas pendendo-se desde a altura da copa das espécies

que lhes fornecem suporte até o nível da água (cerca de 2 m de cumprimento) em busca de água e nutrientes, e enraizamento no solo apresentou-se irregular (**Figura 36 A1, A2** e **A3**).

Figura 35 - *Combretum laxum* debruçando-se nas margens dos rios (A1) Paraná (set. 07) e (A2) Bahia (fev. 10) (Fotos: HIROSE, A.)

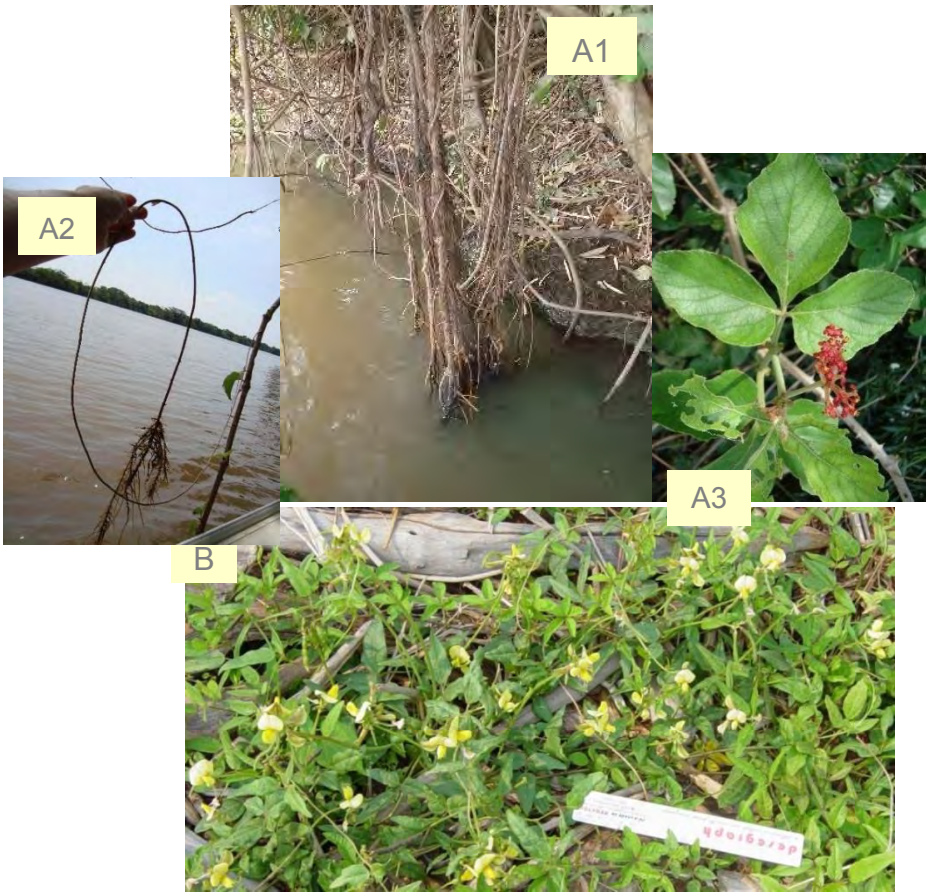

Figura 36 - (A1, A2 e A3) *Cissus sp* (margem do rio Ivinheima, out.08); (B) *Vigna sp* (margem do reservatório de Porto Primavera, set.07 (Fotos: HIROSE, A.)

Espécies do gênero *Vigna*, tais como *V. lasiocarpa, V. longifolia e V. peduncularis* apresentaram ramificação intensa, alta densidade de folhas, comprimento de ramos entre 2 a 3 m, além de muita flexibilidade do sistema aéreo para moldar-se ao substrato ou contorno externo das copas de arbustos. Foram observadas recobrindo o solo densamente, enquanto sobre a copa de arbustos apresentou-se mais distribuída. Seu sistema radicular delicado e profundo foi observado em taludes expostos (**Figura 36 B**). Kiepe (1995) obteve resultados positivos com plantios de *V. unguiculata* em SAFs *quando* plantada em consorciação com milho e *Cassia siamea* (syn. *Senna siamea*), em comparação ao uso isolado de muching para reduzir a perda de solo por *runoff*.

Cayaponia podantha apresentou sistema aéreo com ramificação intensa, alta densidade de folhas, comprimento dos ramos entre 2 a 3 m, ramos flexíveis, facilidade para moldar-se ao contorno externo das copas,formando recobrimento vegetal adensado sobre as copas de indivíduos arbustivos e arbóreos (**Figura 37 A**). *Doliocarpus dentatus* apresentou sistema aéreo com média ramificação e densidade de folhas, preenche lacunas nas copas de indivíduos arbustivos e arbóreos, contribuindo com o recobrimento vegetal sem sufocá-los. Seu sistema radicular não foi verificado. Pott e Pott (2000) a menciona como fixadora de barranco de rio (**Figura 37 B**).

Figura 37 - (A) *Cayaponia podantha*; (B) *Doliocarpus dentatus* (margem do rio Ivinheima, out. 08) (Foto: HIROSE, A.)

2.3.5 Interações com microorganismos fixadores de N2 (nodulação)

Verificou-se que, com exceção de *Senna alata,* 10 dentre os 11 táxons analisados são capazes de fixar de nitrogênio (*Crotalaria micans, Crotalaria pallida, Stylosanthes sp, Indigofera* cf. *suffruticosa, Erythrina crista-galli, Mimosa cf. adenocarpa, M. pellita, Aeschynomene sensitiva, Vigna spp* e *Sesbania virgata*), tendo sido encontrados vários trabalhos investigativos.

O gênero *Crotalaria spp,* descrito por Flores e Miotto (2001), abrange tanto espécies nativas como naturalizadas, sendo antiga a sua utilização em práticas de adubação verde em diversos países devido à capacidade de fixação de N_2 No Brasil, *C. juncea* apesar de classificada como naturalizada, é aparentemente a espécie mais difundida, devido à produção de fitomassa e teor de nitrogênio elavados. Bastante difundida pelo setor agrícola, suas sementes são facilmente obtidas comercialmente. Foram encontrados alguns trabalhos em que esta espécie é testada em práticas de restauração. Severino e Christoffoleti (2001) testaram, juntamente com outras espécies, o potencial de *C. juncea* de inibir a proliferação de espécies exóticas invasoras, como braquiárias e colonião. Na região de estudo, a espécie mais comumente encontrada foi *Crotalaria pallida*, e, apesar de ser considerada espécie naturalizada, ocorre espontaneamente na região de estudo, com potencial de ser utilizada tanto como adubo verde, por ser anual a bianual, como na prevenção e controle de processos erosivos.

Stylosanthes corresponde a outro gênero muito conhecido pela capacidade nodulífera (XAVIER, 1988, 1989). A espécie *S. guineensis* tem sido muito empregada como forrageira de bovinos, tendo sido criados vários cultivares para a espécie

A partir de Allen e Allen (1981), Magalhães e Silva (1987) comprovaram a ocorrência de nodulação e atividade da nitrogenase em *Indigofera suffruticosa* no Brasil, em solos argilosos de Rondônia. Segundo Thonnissen et al. (2000), o gênero *Indigofera* é um dos nove mais importantes da família devido ao elevado teor de nitrogênio nas folhas (5 e 40 kg N/ha), sendo que *I. suffruticosa* está entre as sete espécies mais utilizadas em práticas de adubação verde em outros países, pois contribui para melhorar a textura e aumentar a fertilidade do solo. No Brasil o seu uso não tem sido muito difundido.

Simulando o alagamento de plântulas de *Erythrina crista-galli* em vasos, Batista (2008) observou maior abundância de nódulos de bactérias nitrificadoras nos tratamentos onde as plântulas permaneciam com 3 cm de água acima do substrato, em comparação com o tratamento controle, em capacidade de campo.

Santos et al. (2008), estudando a capacidade simbiótica de estirpes de "beta-rizóbios" (isolados de *Burkholderia spp*) provenientes de nódulos de diferentes espécies de *Mimosa,* verificaram a nodulação em várias espécies do gênero, inclusive de *Mimosa pellita* e *Mimosa adenocarpa*.

Em estudos realizados em diferentes localidades do Pantanal, James *et al.* (2001) observaram a ocorrência de nódulos em 4 espécies do gênero *Aeschynomene,* sendo algumas delas as mesmas encontradas na área do presente estudo. Em indivíduos amostrados em solos drenados detectaram nódulos na raiz de *Aeschynomene sensitiva*. Em outras espécies amostradas em áreas alagadas (indivíduos parcialmente submersos ou com o sistema radicular em solo saturado), observaram a ocorrência de nodulação também na raiz, como no caso de *Mimosa pellita*. Particularmente no caso de *Vigna lasiocarpa*, a nodulação ocorreu tanto na raiz como no caule. Estas espécies foram denominadas pelos autores como nodulíferas de áreas úmidas. Magalhães e Silva (1987) observaram a ocorrência de nodulação de *Mimosa pigra* (na época considerada por alguns autores como sinonímia botânica de *Mimosa pellita)* após semeadura em viveiro.

Ao estudarem características simbióticas e fenotípicas de microssimbiontes de *Sesbania virgata*, Florentino e Moreira (2009) verificaram que esta apresentou simbiose eficiente quando inoculada com estirpes de *Azorhizobium doebereinerae.* Ndoye et al. (1990) estudaram a nodulação e fixação de N_2 a partir da simbiose de *Sesbania virgata* com *Rhizobium* em sistemas agroflorestais. Chaves *et al*. (2003), obtiveram resultados positivos estudando os efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de *Sesbania* em substrato constituído de resíduos agroindustriais.

Senna alata correspondeu à única espécie que não nodula. Segundo Souza (1966), ela integra o grupo das Caesalpinioideae não nodulíferas. Segundo os autores,

nenhuma espécie do gênero *Senna* nodula ou tem habilidades fixadoras de N_2, sendo que o primeiro registro dessa inabilidade ocorreu com em espécies de Trinidad, no Caribe.

A eficácia das leguminosas em sua interação com microorganismos, seja o *Rhizobium*, ou de maneira mais ampla os “beta-rizóbios”, capazes de fixar o N_2 e disponibilizá-lo para as plantas, por si só é uma característica muito importante, que as qualificam num grupo de “espécies-chave” dentre as espécies prioritárias em práticas de prevenção e controle de erosão e restauração ecológica.

Sua contribuição não se restringe ao crescimento e desenvolvimento da leguminosa nodulífera, pois, beneficia outras plantas não-nodulíferas que se deseja desenvolver no mesmo sítio, por meio do incremento da fitomassa depositada na forma de serapilheira durante ou após a finalização do seu ciclo de vida. Atuam como adubos verdes realizando *input* de matéria orgânica rica em nitrogênio, a qual sofre decomposição e mineralização no processo de ciclagem de nutrientes. Além de contribuírem para o restabelecimento das condições edáficas, seja quanto aos aspectos físicos, químicos ou biológicos, as leguminosas fornecem recursos alimentares muito ricos em proteína à fauna silvestre, beneficiando o ecossistema como um todo.

2.3.6 Fornecimento de recursos e interações com a fauna (atrativos)

Definir critérios de seleção de espécies que possam ser úteis ou que promovam interações com a fauna não corresponde a uma tarefa simples, diante da diversidade de espécies, complexidade das interações animal-planta, e ao mesmo tempo da complexidade em lidar com ambientes degradados por processos erosivos. Embora seja comum a seleção de espécies vegetais baseadas na utilização de seus frutos por determinados grupos de aves, a importância de um item alimentar na dieta de determinado grupo não significa que terá a mesma importância alimentar para outros grupos de aves. A mesma dificuldade se aplica a outros grupos da fauna, como por exemplo, mamíferos peixes e abelhas. Assim, quando a interação com a fauna é considerada de uma maneira genérica, não se pode restringir a escolha de espécies priorizando-se apenas as necessidades de determinados grupos.

Para minimizar inicialmente a falta de informações e dificuldades inerentes à seleção de espécies potenciais, a riqueza de espécies vegetais pode ser considerada como critério para oferecer recursos e ao mesmo tempo favorecer as interações com a fauna. Os requisitos que uma planta não possuir, outra possuirá, sendo que os esforços devem caminhar no sentido de obter um habitat balanceado, aproximando-se ao máximo da "confusão ordenada da natureza" (VAN DERSAL, 1939 apud ESTADOS UNIDOS, 2006). Os autores citam os pássaros insetívoros como exemplo, pois, são normalmente mais atraídos por plantios mistos do que por plantios homogêneos.

A partir de espécies que apresentem valor para o controle de erosão e recuperação do solo, o fornecimento de recursos à fauna pode ser considerado como critério complementar de seleção de espécies potenciais para a Fase 1. Assim, excluindo-se as espécies selecionadas prioritariamente para o controle de erosão e à recuperação do solo, a máxima riqueza de espécies deve ser considerada para o fornecimento de recursos à fauna para a recuperação da biodiversidade e restauração do ecossistema.

As informações relativas à interação dos táxons com espécies da fauna nativa obtidas em campo e junto à literatura fornecem subsídios complementares à seleção de espécies potenciais para controle de erosão e a restauração. A **tabela 7** traz a uma descrição preliminar quanto ao potencial de utilização de recursos alimentares e abrigo por diferentes grupos da fauna e síndromes de dispersão dos 43 táxons analisados.

Os registros que mostram a utilização dos recursos fornecidos pelas espécies em análise no presente estudo podem ser interpretados como indicativos do seu valor para a fauna nativa, e, a escassez de registros pode indicar que a planta não é tão procurada, que não foi encontrada na literatura, ou a inexistência de conhecimento suficiente sobre ela.

Segundo Orsi et al. (1994), na bacia do rio Tibagi, o pacú (*Pimelodus maculatus* Lacépede 1803) parece ser importante para a germinação e a dispersão de sementes de *Sesbania virgata*. As sementes são abundantes o ano inteiro e, ao passarem pelo trato digestório do peixe, sofrem escarificação o que facilita a sua germinação.

Tabela 7 - Descrição preliminar quanto ao potencial de utilização de recursos alimentares e abrigo por diferentes grupos da fauna e síndromes de dispersão dos 43 táxons analisados (Zoo = zoocoria, Hid = hidrocoria, Ane = anemocoria, Bar = barocoria, Aut = autocoria; Av = aves, Ict = peixes, Mt = mamíferos; h = herbivoria, g = granivoria, f = frugivoria, n = nectarivoria) (continua)

Táxon		Apícola	Alimentação			Abrigo			Síndromes				
			Av	Ict	Mt	Av	Ict	Mt	Zoo	Hid	Ane	Bar	Aut
Apocynaceae	*Tabernaemontana catharinensis A.DC.*	x				x					x		
Asteraceae	*Baccharis dracunculifolia*	x									x		
	Eupatorium spp	x									x		
	Vernonia spp	x									x		
Combretaceae	*Combretum laxum*	x						x		x			
Cucurbitaceae	*Cayaponia podantha*	x	f/g	f/g		x			x	x			
Cyperaceae	*Cyperus giganteus*		g		h	x		x	x	x	x	x	
	Cyperus sp		g		h	x		x		x		x	
Dilleniaceae	*Doliocarpus dentatus*	x	f						x			x	
Fabaceae	*Aeschynomene sensitiva*	x	f	h	h/f				x	x			
	Crotalaria micans	x											x
	Crotalaria pallida	x											x
	Erythrina crista-galli	x	g/n			x			x			x	
	Indigofera cf. *suffruticosa*	x										x	
	Mimosa cf. *adenocarpa*	x										x	
	Mimosa pellita	x			h			x	x	x		x	
	Senna alata	x				x				x		x	
	Sesbania virgata	x		g					x	x		x	
	Stylosanthes sp	x			h						x	x	
	Vigna spp	x	g	g/h	h							x	
Lythraceae	*Cuphea Melvilla*	x	n						x	x			
Malvaceae	*Hibiscus* cf. *striatus*	x	g/n	g		x			x	x			
	Hibiscus cf. *sororius*	x	g/n			x			x	x			
	Sida spp	x	g						x			x	

Tabela 7 - Descrição preliminar quanto ao potencial de utilização de recursos alimentares e abrigo por diferentes grupos da fauna e síndromes de dispersão dos 43 táxons analisados (Zoo = zoocoria, Hid = hidrocoria, Ane = anemocoria, Bar = barocoria, Aut = autocoria; Av = aves, Ict = peixes, Mt = mamíferos; h = herbivoria, g = granivoria, f = frugivoria, n = nectarivoria) (conclusão)

Táxon		Apí-cola	Alimentação			Abrigo			Síndromes				
			Av	Ict	Mt	Av	Ict	Mt	Zoo	Hid	Ane	Bar	Aut
Meliaceae	*Trichilia sp*	x	f			x			x				
Myrtaceae	*Eugenia spp.*	x	f		f	x			x			x	
	Psidium guajava	x	f		f	x			x			x	
	Psidium guineense	x	f		f	x			x			x	
Onagraceae	*Ludwigia spp*	x				x		x		x	x		
Piperaceae	*Piper sp*	x	f		f	x			x				
Poaceae	*Andropogon bicornis*										x		
	Gynerium sagittatum				g/h	x		x		x	x		
	Hymenachne pernambucencis				g/h	x		x		x	x		
	Panicum sp1				g/h			x		x	x		
	Panicum sp2				g/h			x		x	x		
	Paspalum conspersum				g/h	x		x		x	x		
	Paspalum notatum				x						x		
Rubiaceae	*Cephalanthus glabratus*		g	g		x	x		x	x			
Sapotaceae	*Pouteria cf. glomerata*		f	f	f				x	x			
Solanaceae	*Solanum paniculatum*	x	f						x			x	
Typhaceae	*Typha domingensis*				h	x		x			x		
Verbenaceae	*Lippia alba*	x				x		x					
Vitaceae	*Cissus spp*	x	f	f				x	x				

Os frutos de *Pouteria cf. glomerata*, popularmente conhecida como maçã-de-pacú, são utilizados regionalmente como isca para captura de pacú (*Pimelodus maculatus* Lacépede 1803), tendo ocorrido comumente nas margens dos rios Paraná e Paranapanema. Outra espécie relativamente comum nesses nas margens desses rios e também do Ivinheima foi *Cayaponia podantha,* conhecida popularmente como melancia-de-pacu. Segundo Pott e Pott (2000), é uma espécie apícola, forrageira de peixe, sendo sua polpa predada por aves que dispersam suas sementes.

De acordo com Gressler, Pizo e Morellato (2006), os grandes frutos do gênero *Psidium* possuem, tipicamente, várias (até 250) sementes pequenas (largura < 0,5 cm) e são frequentemente dispersos por aves que, ao ingerirem porções da polpa, ingerem também algumas sementes. Particularmente os frutos de *Psidium guajava* são predados por diversos grupos, não somente aves, como também mamíferos carnívoros, morcegos, lagartos, macacos, marsupiais e ungulados (CASTRO, 1998; CASTRO; GALETTI, 2004; CORDERO; NICOLAS, 1987; DINERSTEIN, 1986; FACURE; MONTEIRO-FILHO, 1996; FLEMING, 1988; MIKICH, 2000; MOTTA JÚNIOR; MARTINS, 2002; SNOW; SNOW,1971), e no caso de *P. guineense* por mamíferos carnívoros, como o coati, Nasua nasua (L., 1766), os cachorrosdo-mato, Cerdocyon thous (L., 1766) e Pseudalopex vetulus (Lund, 1842) e o lobo-guará (FACURE; GIARETTA,1996).

Na maioria dos estudos sobre a polinização de Myrtaceae no Brasil são raros aqueles que comprovam se os visitantes são realmente polinizadores efetivos da(s) espécie(s) sob investigação (GRESSLER; PIZO; MORELLATO, 2006). De acordo com Nic Lughadha e Proença 1996, as abelhas representam o grupo mais importante de polinizadores de Myrtaceae, sendo o pólen o principal recurso oferecido. Há poucas evidências de produção de néctar em *Psidium guajava.* As abelhas *Bombus morio* e *B. atratus* Franklin, 1913 (Apidae: Bombinae) foram observadas coletando pólen de *Psidium guajava* em vegetação secundária no Sudeste do Brasil (CAMILLO; GARÓFALO 1989). Em um pomar na Bahia, os polinizadores potenciais desta espécie foram *Nannotrigona punctata*, *Trigona spinipes* (Fabricius, 1793) e *Melipona scutellaris* Latreille, 1811 (Apidae: Meliponinae) (CASTRO 2002). Segundo Gressler, Pizo e Morellato (2006), os

visitantes florais considerados polinizadores potenciais de *P. guajava* observados em indivíduos cultivados em ambiente institucional foram Apidae: Meliponinae e Bombinae; Anthophoridae: Anthophorinae e Xylocopinae; Halictidae: Halictinae; Oxaeidae; Colletidae foram apenas visitantes (BOTI, 2001; CAMILLO; GARÓFALO, 1989; CARVALHO et al.,1999; CASTRO, 2002; GUIBU et al., 1988; IMPERATRIZ-FONSECA et al., 1989; 1993). Verificou-se para seis espécies do gênero *Eugenia* que seus frutos das são predados por aves, que dispersam suas sementes (POTT; POTT, 1994).

Galetto et al. (2000) registraram quatro espécies de beija-flores (*Chlorostilbon lucidus, Hylocharis chrysura, Heliomaster furcifer* e *Leucochloris albicollis*) visitantes de *Erythrina crista-galli*, além de *Icterus cayanensis,* num estudo realizado na Argentina e Uruguai. Em Braga e Rui (2011) as espécies *Hylocharis chrysura* (Trochilidae) e *Coereba flaveola* (Coerebidae) foram as principais visitantes de *E. crista-galli*, sendo que o hábito de forrageamento destas espécies aparentemente não foi afetado pelas diferenças nos fragmentos florestais e banhados permanentes. Durante os trabalhos de campo no âmbito do presente estudo, *E. crista-galli* foi vista sendo visitada tanto por aves como por abelhas. Aparentemente, a corola vermelho brilhante promove intensa atração e visitação por aves, principalmente beija-flores, que consomem o néctar de suas flores, ao mesmo tempo em que são também muito visitadas por insetos, principalmente abelhas, que buscam néctar, e também pólen. Galetto et al. (2000) verificaram que *E. crista-galli* apresenta composição química de seu néctar muito rica em glicose e frutose, características mais relacionadas à melitofilia (polinização por abelhas) (FAEGRI; PIJL, 1979).

Cuphea melvilla foi observada durante os trabalhos de campo atraindo abelhas e borboletas. Melazzo e Oliveira (2012) estudaram a relação entre as características morfológicas e reprodutivas de *Cuphea melvilla* com o comportamento de beija-flores visitantes em dois agrupamentos de indivíduos em bordas das matas de galeria em Uberlândia-MG. Concluíram que a espécie é autocompatível e não apomítica, e que necessita de polinização ativa por beija-flores para formar frutos devido à marcada dicogamia, apesar de pertencer a um gênero majoritariamente melitófilo.

Segundo Silberbauer-Gottsberger e Gottsberger (1988), as abelhas são responsáveis pela polinização da maior parte das espécies de plantas na maioria dos biomas onde são encontradas, inclusive nos agroecossistemas (KREMEN et al., 2007). As abelhas coletam seu alimento (pólen e néctar) nas flores e, nestas visitas, muitas vezes, acabam fazendo parte do processo de polinização. Plantas polinizadas por elas são chamadas melíferas ou melitófilas (FAEGRI; PIJL,1979).

Imperatriz-Fonseca et al. (2011) compilaram os resultados de quatro trabalhos que amostraram abelhas nas flores. Três deles foram realizados em 3 localidades da Mata Atlântica (RAMALHO, 1995; WILMS,1995; AGUILAR,1998 apud IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2011) e o quarto em 4 localidades do Cerrado (PINHEIRO-MACHADO, 2002 apud IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2011), todos no estado de São Paulo. Verificaram, porém, a existência de lacunas do conhecimento com relação à amostragem de abelhas e plantas visitadas nas regiões central e oeste do estado de São Paulo e também no Centro-Oeste do Brasil, que coincide com a região de estudo do presente trabalho, além de problemas de identificação taxonômica das abelhas. Nesse trabalho os autores registraram 53, 57, 20 e 39 espécies de abelhas amostradas respectivamente em espécies dos gêneros *Solanum* (16)*, Vernonia* (10)*, Sida* (3) e *Eupatorium* (5)*.* Isto correspondeu a cerca de 3, 6, 7 e 8 espécies de abelhas que interagiram respectivamente com cada espécie dos gêneros citados. Tais resultados são indicativos da importância desses gêneros, considerando-se o número elevado de 109 espécies de abelhas com os quais interagiram, já que o número total de abelhas registrado em todas as localidades nos dois biomas foi de 207. Resultado similar com elevada interação abelha-planta foi observado para *Baccharis dracunculifolia*, que sozinha obteve registro de visitação por 9 espécies de abelhas *(Apis mellifera, Bombus (Fervidobombus) morio, Melipona (Eomelipona) marginata, Paratrigona subnuda, Plebeia droryana, Plebeia pugnax, Scaptotrigona conflita, Scaptotrigona xanthotricha* e *Trigona spinipes).* Segundo Barroso e Bueno (2002), a floração intensa e grande produtividade de néctar de *B. dracunculifolia* exerce forte atração sobre as abelhas, sendo que a sua utilização em práticas de restauração propicia o fornecimento de alimento, favorecendo a manutenção de abelhas nativas. Durante os trabalhos de campo do presente estudo as flores de *Solanum paniculatum* foram vistas sendo visitadas por mamangabas.

As flores de *Senna alata* foram vistas por vários insetos, sendo um deles a abelha arapuá (*Trigona spinipes).* Em Imperatriz-Fonseca et al. (2011) há registros de 23 espécies de abelhas amostradas em apenas quatro espécies do gênero *Senna* (*S. bicapsularis, S. multijuga, S. rugosa* e *S. splendida*). Aguiar (1992) estudando a fenologia, o sistema de reprodução e a ecologia da polinização desta espécie em diferentes tipos de ambientes em Campinas-SP, constatou 9 espécies de abelhas polinizadoras de *Senna alata: Bombus morio, Centris bicolor, C. tuscata, C. tarsata, C. similis, Epicharis rustica, Eulaema nigrita, Pseudaugochloropsis graminea* e *Xylocopa frontalis*. Ele verificou que no tipo de flor de anteras tubulosas de deiscência poricida de *Senna alata*, o pólen geralmente representa o único recurso energético disponível aos polinizadores. Outro aspecto interessante é que dentre as 9 espécies de abelhas citadas por Aguiar (1992), apenas 2 foram comuns ao levantamento feito por Imperatriz-Fonseca et al. (2011), ou seja, 7 espécies de abelhas visitaram exclusivamente *Senna alata*. Esses resultados podem ser indicativos importantes do potencial de contribuição de cada táxon em relação ao fornecimento de recursos alimentares, e ao mesmo tempo do potencial de contribuição de abelhas para polinização.

Vieira (2002) estudando a biologia reprodutiva de *Ludwigia spp* mencionou que períodos longos de floração com produção de pólen e néctar possibilitariam que diferentes polinizadores utilizassem as mesmas flores. Verificou que estas espécies parecem florescer principalmente em períodos durante os quais as abelhas que utilizam estas flores como recurso estão em atividade, favorecendo a polinização por abelhas. Em Imperatriz-Fonseca et al. (2011) há registros de 16 espécies de abelhas amostradas em apenas quatro espécies do gênero *Ludwigia (Melissoptila bonaerensis, M. cnecomala, M. thoracica, Paratetrapedia (Paratetrapedia) maculata, P. volatilis, Paratrigona subnuda, Perditomorpha brunerii, Pseudagapostemon (Pseudagapostemon) pruinosus, Tetrapedia (Tetrapedia) diversipes, Trigona hyalinata, Augochlora (Augochlora) amphitrite, A. (Augochlora) esox, A. (Oxystoglosella) Semíramis, Bombus (Fervidobombus) morio, Ceratina richardsoniae e Melissodes (Ecplectica) nigroaenea).* Durante os trabalhos de campo do presente estudo, espécies do gênero *Ludwigia* foram vistas atraindo tanto abelhas como borboletas.

Algumas espécies do gênero *Stylosanthes* são descritas como apícolas, como no caso de *S. acuminata M.B (*SALIS et al., 2009) e de *S. gracilipes* H.B.K, sendo esta última descrita como melitófila, com registros de visitas por 5 espécies de abelhas (*Bombus (Fervidobombus) morio, Epanthidium tigrinum, Exomalopsis (Exomalopsis) fulvofasciata, Megachile (Acentron) bernardina* e *Trigona truculenta* (IMPERATRIZ-FONSECA et al., 2011).

Outras leguminosas também são descritas como apícolas, como *Sesbania virgata, Mimosa pellita* (POTT; POTT, 1994; SALIS et al., 2009), *Aeschynomene sensitiva*, *Vigna lasiocarpa* (POTT; POTT, 2000) e *V. longifólia*. As três últimas são consideradas ótimas forrageiras devido ao elevado teor de proteína em sua biomassa, muito predadas por cervídeos, peixes (por exemplo, o pacú), capivaras e até por bovinos, sendo suas sementes predadas por aves de pequeno porte (POTT; POTT, 1994; 2000). Segundo moradores da região, as folhas de *Mimosa pellita,* apesar de seus espinhos agressivos, são pastadas por cervídeos. Não foram encontradas informações para *Mimosa adenocarpa.*

Algumas espécies do gênero *Indigofera* são descritas como melitófilas, com registros de visitas por abelhas do gênero *Megachile* em *I. suffruticosa* Mill. (KATO et al. 2008). Costa (2011) mencionou a ocorrência de visitação frequente de abelhas *Trigona fuscipennis* Friese às inflorescências de *I. suffruticosa*, sugere que a espécie é autocompatível, e que o mecanismo explosivo de apresentação do pólen e o posicionamento do estigma acima das anteras indicam a importância do animal polinizador para o rompimento da cutícula do estigma, o qual é semi-seco.

Foi observado em campo que a estratégia de dispersão de *Crotalaria micans* e de *C. pallida* ocorre com o amadurecimento dos pequenos legumes, que se retorcem com a secagem, espalhando as sementes. De acordo com Guimarães Júnior (2003), *C. pallida* utiliza seus nectários extra-florais para atrair formigas, com função única de inibir herbívoros, sendo na realidade, espécie melitófila. Apesar de haver aparentemente poucos estudo sobre esta espécie no Brasil, a melitofilia foi verificada também para outra espécie do gênero (*C. vitellina)* em Imperatriz-Fonseca et al. (2011), com registros de visitação pelas seguintes espécies de abelhas: *Centris (Centris) nitens, Ceratina (Crewella) vernoniae, Exomalopsis (Exomalopsis)*

fulvofasciata, Megachile (Acentron) bernardina e *Megachile (Pseudocentron) asuncicola*.

Apesar não terem sido encontrados trabalhos específicos sobre a interação de *Cephalanthus glabratus* com a fauna no Brasil, verificou-se que as sementes de outra espécie do mesmo gênero *(C. occidentalis)* nos Estados Unidos é utilizada como alimento por diversas espécies de aves, além de ser apícola (VAN DERSAL, 2006).

Durante os trabalhos de campo, *Combretum laxum* destacou-se pelo forte aroma adocicado das inflorescências perceptíveis à distância considerável, o qual atraía muitos insetos, principalmente abelhas, além da grande quantidade de frutos produzidos no verão. Sua dispersão ocorre por hidrocoria (CROAT, 1974). Além de apícola é utilizada como abrigo pela fauna (POTT; POTT, 1994).

Salis et al. (2009), a partir de informações de herbários e literatura citam como apícolas várias espécies do gênero *Cissus* (*C. campestris*, *C. erosa*, *C. spinosa* e *C. verticillata* syn. *C. sicyoides*). Dunaiski Júnior (1991) cita como apícolas *C. erosa, C. sicyoides e C. spinosa,* sendo os frutos desta última predados por peixes e aves dispersoras, além de outros registros de visitas florais por vespas e borboletas em *C. tinctoria,* coleta de pólen de *Cissus* sp por *Apis melifera* e consumo de bagas de *C. subrhomboidea e C. erosa* por diferentes espécies de pássaros frugívoros.

Pott e Pott (1994) citam para algumas espécies do gênero *Piper,* tais como *P. angustif*olium e *P.tuberculatum* que os frutos quando maduros são predados por aves e os morcegos, que disseminam suas sementes. Citam também que *Trichilia sp e Doliocarpus dentatus* são apícolas, e que seus frutos desta última são predados e também dispersados por aves. Durante os trabalhos de campo do presente estudo, *Trichilia sp* foi observada atraindo aves após maturação de seus frutos, expondo arilos vistosos de coloração vermelho intenso. *Lippia alba* foi observada atraindo abelhas e borboletas, além de formar moitas fechadas, úteis como abrigos para a fauna de pequeno porte.

Comparativamente aos demais hábitos, as gramíneas e afins fornecem menos matéria orgânica ao solo e menos recursos à fauna, embora sejam consideradas muitas vezes excelentes para o controle da erosão. E, considerando sua costumeira eficiência quanto à capacidade de propagação, sempre que possível, sua aplicação

deverá ser efetuada sob manejo e em consorciação com outros grupos de plantas, de modo a evitar que se alastrem demasiadamente e aumentar a diversidade de espécies que possam oferecer recursos à fauna. Ou, tão logo os processos erosivos tenham sido controlados com o uso de gramíneas e afins, outros hábitos deverão ser introduzidos no sistema de proteção, de modo a serem gradativamente substituídas. Segundo Correa (1975) as touceiras de *Cyperus giganteus* e *Typha domingensis* são utilizadas por aves aquáticas como abrigo e local de nidificação, são predadas e utilizadas como abrigo por capivaras, e as sementes (aquênios) de *Cyperus giganteus* são predadas por aves aquáticas. No transcorrer do presente trabalho verificou-se herbivoria das folhas e colmos tanto destas duas espécies, como de algumas gramíneas, como *Hymenachne pernambucencis*, *Panicum sp1*, *P. sp2* e *Paspalum conspersum*, *Gynerium sagittatus* por capivaras e esporadicamente por antas. *Paspalum notatum* apresentou potencial como forrageira para herbívoros de porte menor. Para *Andopogon bicornis*, por outro lado, não foram encontradas citações quanto à sua utilização pela fauna.

Certas espécies podem ser tóxicas a animais de criação. Animais raramente se alimentam de plantas tóxicas por preferência, a não ser por falta de alimento em períodos anormais de seca, pois não são palatáveis, e em circunstâncias rotineiras são evitadas. Neste caso, esses animais deverão ser manejados e monitorados, sendo necessário o uso de cercas.

2.4 Considerações Finais

A partir da integração das informações, o potencial de aplicação dos 43 táxons avaliados foi agrupado para os serviços ecossistêmicos de controle de erosão e proteção do solo, recuperação do solo e recuperação da biodiversidade, conforme apresentado a seguir.

Serviço de controle de erosão e proteção do solo

Foram 35 as que apresentaram características morfológicas do sistema aéreo de interesse para a realização de experimentos, sendo:

- 22 táxons com função de <u>proteção superficial e subsuperficial</u> de diques marginais (e taludes) contra processos erosivos de origem pluvial (impacto das gotas de chuva , *runoff*):

a) 21 por meio do recobrimento vegetal adensado:

- 6 em solos com boa drenagem, não alagável, secos, úmidos a muito úmidos, mas também tolerando condições mais áridas: *Tabernaemontana catharinensis, Baccharis dracunculifolia, Crotalaria micans, Indigofera cf. suffruticosa, Stylosanthes sp, Psidium guineense;*
- 7 em solos com boa drenagem, não alagável, secos, úmidos a muito úmidos, com possibilidades de encharcamentos: *Eupatorium spp, Vernonia spp, Sida spp, Trichilia sp, Eugenia spp, Piper sp* e *Senna alata;*
- 7 em solos sujeitos a alagamentos sazonais por curtos períodos: *Cayaponia podantha, Erythrina crista-galli, Lippia alba, Pouteria cf. glomerata, Doliocarpus dentatus, Hibiscus cf. sororius, Vigna spp;*
- 1 em solos sujeitos a alagamentos sazonais por períodos mais longos: *Cephalanthus glabratus.*

b) 1 por meio de revestimento do solo:

- 1 em solos com boa drenagem, não alagável, secos, úmidos a muito úmidos, mas também tolerando condições mais áridas: *Paspalum notatum.*

- 11 táxons com função <u>proteção da base e bordas</u> de diques marginais (e taludes), contra processos erosivos de origem fluvial (erosão lateral e embate de ondas) e também pluvial(impacto das gotas de chuva , *runoff*):

a) 6 por meio de barreiras vegetais e/ou cobertura do solo (revestimento):

- 1 em solos com boa drenagem, não alagável, secos, úmidos a muito úmidos, com possibilidades de encharcamentos: *Paspalum conspersum*;
- 2 em solos sujeitos a alagamentos sazonais por curtos períodos: *Gynerium sagittatum* e *Cyperus sp*;

- 3 em solos sujeitos a alagamentos sazonais por períodos mais longos: *Hymenachne pernambucencis*, *Panicum sp1* e *Panicum sp2*.

b) 5 por meio de barreiras vegetais e/ ou cobertura do solo (recobrimento vegetal adensado):

- 1 em solos sujeitos a alagamentos sazonais por curtos períodos: *Combretum laxum*;
- 4 em solos sujeitos a alagamentos sazonais por períodos mais longos: *Ludwigia spp, Cuphea Melvilla, Mimosa pellita, Hibiscus cf.striatus*.

❖ 2 táxons com função de <u>proteção da base e bordas</u> de diques marginais (e taludes), contra processos erosivos de origem fluvial (erosão lateral e embate de ondas), por meio de barreiras vegetais:

- 02 em solos sujeitos a alagamentos sazonais por períodos mais longos: *Typha domingensis* e *Cyperus giganteus*. (Obs.: Embora apresentem potencial para proteção d incertezas quanto ao seu comportamento populacional, há restrições quanto à sua recomendação de uso).

❖ [8 demais táxons (*Sesbania virgata, Aeschynomene sensitiva, Mimosa cf. adenocarpa, Crotalaria pallida Solanum paniculatum, Cissus spp, Psidium guajava* e *Andropogon bicornis*) não apresentaram características morfológicas do sistema aéreo de interesse para a formação de recobrimento vegetal adensado ou barreiras vegetais.]

Serviço de recuperação do solo

Foram 31 as que apresentaram atributos ou características de interesse para a realização de experimentos, sendo:

❖ 10 espécies leguminosas com função de fixação de nitrogênio (com exceção de *Senna alata*, que pertence ao grupo das leguminosas não nodulíferas), que, de acordo com a ocorrência nos diferentes ambientes, as espécies podem ser agrupadas em:

- 5 leguminosas nodulíferas de solos drenados (*Crotalaria micans, C. pallida, Stylosanthes sp, Indigofera cf. suffruticosa, Mimosa cf. adenocarpa*);
- 5 leguminosas nodulíferas de solos alagáveis (*Erythrina crista-galli, Sesbania virgata, Aeschynomene sensitiva, Mimosa pellita e Vigna spp*).

❖ 21 táxons com função de fornecimento de cobertura para amenizar temperaturas e melhorar a retenção de umidade em solos drenados:

- 6 leguminosas: *Erythrina crista-galli, Senna alata, Stylosanthes sp, Crotalaria micans, Indigofera suffruticosa, Vigna spp;*
- 15 pertencentes a grupos distintos: *Tabernaemontana catharinensis, Pouteria cf. glomerata, Psidium guineense, Piper sp, Trichilia sp., Eugenia spp, Hibiscus cf. sororius, Cayaponia podantha, Lippia alba, Eupatorium spp, Vernonia spp, Sida spp, Baccharis dracunculifolia, Combretum laxum, Doliocarpus dentatus;*

❖ 31 táxons com função de desenvolvimento de húmus a partir da serapilheira:

- 10 leguminosas: *Aeschynomene sensitiva,Crotalaria micans, Erythrina crista-galli, Indigofera suffruticosa, Mimosa cf. adenocarpa, Mimosa pellita, Sesbania virgata, Stylosanthes sp, Vigna spp, Senna alata;*
- 21 pertencentes a grupos distintos: *Baccharis dracunculifolia, Cephalanthus glabratus, Combretum laxum, Cayaponia podantha, Cissus spp. Cuphea melvilla, Doliocarpus dentatus, Eugenia spp, Eupatorium spp, Hibiscus cf. striatus, Hibiscus cf. sororius, Lippia alba, Ludwigia spp, Piper sp, Pouteria cf. glomerata, Psidium guineense, Sida spp, Solanum paniculatum, Tabernaemontana catharinensis, Trichilia sp. e Vernonia spp;*

❖ [12 táxons não foram consideradas prioritários: *Psidium guajava* e *Crotalaria pallida* por serem classificadas como naturalizadas; 7 Poaceae, 2 Cyperaceae, 1 Typhaceae por contribuírem comparativamente menos para o input de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes.]

Serviço de recuperação da biodiversidade

Foram 31 as que apresentaram atributos ou características de interesse para a realização de experimentos, sendo:

- 10 leguminosas com função de fornecimento de recursos e interações com a fauna: *Aeschynomene sensitiva, Crotalaria micans, Erythrina crista-galli, Indigofera suffruticosa, Mimosa cf. adenocarpa, Mimosa pellita, Sesbania virgata, Stylosanthes sp, Vigna spp, Senna alata;*

- 21 pertencentes a grupos distintos com função de fornecimento de recursos e interações com a fauna: *Tabernaemontana catharinensis, Trichilia sp., Psidium guineense, Eupatorium spp, Vernonia spp, Baccharis dracunculifolia, Combretum laxum, Cayaponia podantha, Doliocarpus dentatus, Cuphea melvilla, Hibiscus cf. striatus, Hibiscus cf. sororius, Sida spp, Eugenia spp, Ludwigia spp, Piper sp, Cephalanthus glabratus, Pouteria cf. glomerata, Solanum paniculatum, Lippia alba, Cissus spp.*

- [12 táxons não foram consideradas prioritários: *Psidium guajava* e *Crotalaria pallida* por serem classificadas como naturalizadas, e 7 Poaceae, 2 Cyperaceae e 1 Typhaceae por serem naturalmente mais abundantes.]

- 10 com função de competir com espécies exóticas invasoras, como braquiárias em ambiente de solo drenado, alagável e alagado:

  - 3 Leguminosas em solo drenado: *Crotalaria micans, Stylosanthes guianensis, Vigna spp;*
  - 2 Gramíneas em solo drenado: *Paspalum notatum* e *Paspalum conspersum;*
  - 5 Gramíneas: *Cyperus sp, Gynerium sagittatum, Hymenachne pernambucencis, Panicum sp1 e Panicum sp2.*

2. 5 Conclusões

Em relação à avaliação dos táxons quanto ao potencial para aplicação em testes visando o controle de erosão, a descrição das características morfológicas adotada no presente estudo trouxe algumas indicações preliminares, a partir das quais deverão ser adotadas metodologias específicas de avaliação utilizando-se

parâmetros adequados aos objetivos de cada experimento, incluindo-se informações do sistema aéreo e radicular.

Apesar de vários táxons terem apresentado hábito de crescimento ereto e morfologia do sistema aéreo com poucas ramificações e baixa densidade de folhas, formando copas ralas, o fato de alguns táxons formarem touceiras, moitas, colônias, assim como associações ou consorciações com outras espécies, isto amplia as possibilidades de combinação e de tipos de recobrimentos vegetais adensados.

Considerando-se a complexidade e dificuldades para se controlar processos erosivos, assim como o fato de que as características desejáveis para controlá-los raramente se concentram em uma única espécie, como observado para os 43 táxons analisados, a seleção de espécies potenciais tende a considerar várias espécies em associação ou consorciação, requerendo estudos sobre como ocorrem tais interações;

Referências

AASE, J.K.; PIKUL, J.L. Terrace formation in cropping strips protected by fall wheatgrass barriers. **Journal of Soil and Water Conservation,** Ankeny, v. 50, n. 1, p. 110-112, 1995.

AGUIAR, L.F.R.M. **Fenologia, sistema de reprodução, ecologia da polinização e dispersão de Senna alata (Caesalpinioideae, Leguminosae).** 1992. 144 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas, 1992.

ALDOUS, A.E.; SHANTZ, H.L. Types of vegetation in the semiarid portion of the United States and their economic significance. **Journal of Agricultural Research**, Washington, v. 28, p. 99-128, 1924.

ALLEN, O.N.; ALLEN, E.K. **The Leguminosae:** a source book of characteristics, uses and nodulation. Wisconsin: University of Wisconsin Press, 1981. 812 p.

ALVES, M.; ARAÚJO, A.C.; HEFLER, S.M.; TREVISAN, R.; SILVEIRA, G.H.; LUZ, C.L. Cyperaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB25409>. Acesso em: 24 nov. 2012.

ALVES-ARAUJO, A. *Pouteria.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14504>. Acesso em: 21 dez. 2012.

AZEVEDO, A.A.; NAGATA, N.; SIQUEIRA, A.G.; DOZZI, L.F.S.; GARCIA, W.A.C.; ROMANINI, R.M. **Procedimentos metodológicos para implantação do programa de monitoramento das encostas marginais do reservatório de Porto Primavera - rio Paraná**. São Paulo: IPT, 2003. 14 p.

BARROSO, G.M.; BUENO, O.L. Compostas. Subtribo Baccharidinae. In: REIS, A. (Ed.). **Flora ilustrada catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2002. p. 828-832.

BATISTA, T.L. ***Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae - Faboideae): germinação de sementes, crescimento e morfoanatomia de plântulas submetidas ao alagamento**. 2008. 38 p. Dissertação (Mestrado em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais) – Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2008.

BOCHET, E.; POESEN, J.; RUBIO, J. L. Runoff and soil loss under individual plants of a semi-arid Mediterranean shrubland: influence of plant morphology and rainfall intensity. **Earth Surface Processes and Landforms**, Oxford-UK, n. 31, p. 536–549, 2006.

BOCHET, E.; RUBIO, J. L.; POESEN, J. Relative efficiency of three representative matorral species in reducing water erosion at the microscale in a semi-arid climate (Valencia, Spain). **Geomorphology**, Amsterdam, v. 23, n. 2/4, p. 139-150, 1998.

BOIN, M.N. **Chuvas e erosões no oeste paulista**: uma análise climatológica aplicada. 2000. 264 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Rio Claro, 2000.

BORGO, M.; PETEAN, M.P.; HOFFMANN, P.M. Medicinais. *Cuphea* spp. sete-sangrias. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro – Região Sul. Brasília: MMA, 2011. cap. 5, p. 599-600.

BOTI, J.B. **Polinização entomófila da goiabeira (*Psidium guajava* L., Myrtaceae): influência da distância de fragmentos florestais em Santa Teresa, Espírito Santo.** 2001. 57 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

BOVE, C.P. Typhaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15032>. Acesso em: 13 dez. 2012.

BOVINI, M.G. *Sida*. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9203>. Acesso em: 14 mar. 2013.

BRAGA, M.R.; RUI, A.M. Diversidade de Aves visitantes florais de *Erythrina crista-galli* L. (Fabaceae) no sul do Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO DE

INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 20.; MOSTRA CIENTÍFICA, 2., 2011, Pelotas. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2011. Disponível em: <http://www.ufpel.edu.br/cic/2011/anais/pdf/CB/CB_00595.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2013.

BURYLO, M.; REY, F.; BOCHET, E.; DUTOIT, T. Plant functional traits and species ability for sediment retention during concentrated flow erosion. **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 353, n. 1/2, p. 135 -144, 2012a.

BURYLO, M,; REY, F.; ROUMET, C.; BUISSON, E.; DUTOIT, T. Linking plant morphological traits to uprooting resistance in eroded marly lands (Southern Alps, France). **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 324, p. 31–42, 2009.

CAMILLO, E.; GARÓFALO, C.A. Analysis of the niche of two sympatric species of Bombus (Hymenoptera, Apidae) in South-Eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology,** Cambridge, v. 5, p. 81-92, 1989.

CAMPOS, J.B.; SOUZA, M.C. Vegetação. In: VAZZOLER, A.E.A.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Ed.). **A planície de inundação do alto rio Paraná**: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: Eduem, 1997. cap. 2, p. 331-368.

CARVALHO, C.A.L.; MARCHINI, L.C.; ROS, P.B. Fontes de pólen utilizadas por *Apis mellifera* L. e algumas espécies de Trigonini (Apidae) em Piracicaba (SP). **Bragantia,** Campinas, v. 58, p. 49-56, 1999.

CASAGRANDE, J. C.; REIS-DUARTE, R. M. A interação solo-vegetação na recuperação de áreas degradadas. *In*: INSTITUTO DE BOTÂNICA **Manual de recuperação de áreas degradadas no estado de São Paulo**: curso de capacitação e atualizão em recuperação de áreas degradadas com ênfase em matas ciliares do interior paulista – Guaratinguetá-SP: ações dos projetos FAPESP nº 03/06423-9 – GEF – Global Environment Facility da SMA. São Paulo, 2006. p. 52-69.

CASTRO, E.R.; GALETTI, M. Frugivoria e dispersão de sementes pelo lagarto *Tupinambis merianae* (Reptilia, Teiidae). **Papéis Avulsos de Zoologia,** São Paulo, v. 44, p. 91-97, 2004.

CASTRO, M.S. Bee fauna of some tropical and exotic fruits: potential pollinators and their conservation. In: KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. (Ed.). **Pollination bees:** the conservation link between agriculture and nature. Brasília: Ministry of Environment, 2002. p. 275-288.

CASTRO, S.L.R. **Ecologia do tié-sangue, *Ramphocelus bresilius* (Aves: Emberezidae: Thraupinae), no Parque Estadual da Serra do Mar, Núcleo Picinguaba, Ubatuba, SP.** 1998. 143 p. Dissertação (Mestrado em Zoologia) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 1998.

CAVALCANTI, T.B.; GRAHAM, S. Lythraceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB8756>. Acesso em: 30 out. 2012.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas.** Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Acesso em: 19 mar. 2013.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE SÃO PAULO. **Unidades de conservação.** 2008. Disponível em: <http://www.cesp.com.br/portalCesp/biblio.nsf/V03.01/unidades_conservacao/$file/unidade_conservacao.pdf>. Acesso em: 01 dez. 2012.

CHAPMAN, A.W. **Flora of the Southern United States**. 3rd ed. Massachusetts: Cambridge, 1897. 655 p.

CHAVES, L.L.B.; CARNEIRO, J.G.A.; BARROSO, D.G.; LELES, P.S.S. Efeitos da inoculação com rizóbio e da adubação nitrogenada na produção de mudas de *Sesbania* em substrato constituído de resíduos agroindustriais. **Revista Árvore,** Viçosa, v. 27, n. 4, p. 443-449, 2003.

CLEMENTS, F.E. Experimental ecology in the public service. **Ecology**, Washington, v. 16, p. 342-363, 1935.

CABOCO, R. B.; ROLIM, T. P.; SARTORI, A. L. B.; SCIAMARELLI, A. Leguminosae-papilionoideae from the Parque Estadual das Várzeas do Rio Ivinhema, Mato Grosso do Sul State, Brazil. **Biota Neotropica**, vol. 12, no. 2, p. 57-70, 2012.

COLLET, C.; LOF, M.; PAGÈS, L. Root system development of oak seedlings analysed using an architectural model: effects of competition with grass. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 279, p. 367-383, 2006.

COMITÊ BRASILEIRO DE BARRAGENS. **Main Brazilian Dams III:** design, construction and performance. Guaporé: Impressul, 2009. 440 p.

COOK, C.D.K. **Water plants of the world:** a manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes. The Hague: Dr. W. Junk, 1974. 561 p.

COPPIN, N. J.; RICHARDS, I. J. **Use of Vegetation in Civil Engineering**. London: CIRIA –Butterworths, 1990. 312 p.

CORBY, H.D.L. The systematic value of leguminous root nodules. In: POHLHILL, R.M.; RAVEN, P.H. (Ed.). **Advances in legume systematics:** part 2. London: Royal Botanical Gardens, 1981. p. 657-670.

CORDERO R.G.A.; NICOLAS, B.R.A. Feeding habits of the Opossum (*Didelphis marsupialis*) in Northern Venezuela. **Fieldiana Zoology,** Chicago, v. 39, p. 125-131, 1987.

CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1984. v. 6, 777 p.

COSTA, L.C. da; VALLS, J.F.M. *Stylosanthes.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB29865>. Acesso em: 14 dez. 2012.

COSTA, M.F.B. **Interação pólen-pistilo em espécies neotropicais de Indigofera L. (Leguminosae, Papilionoidae) sob enfoque morfológico.** 2011. 60 p. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Insituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

CRESTANA, M. S.M. (Org.) **Florestas**: sistemas de recuparação com essências nativas. Campinas: CATI, 2004. 216p

CROAT, T.B. *Combretum laxum* Jacq. var. *epiphyticum* (Combretaceae) a case of selection for water dispersal. **Phytologia**, St. Louis, v. 28, p. 188-191, 1974.

DANJON, F.; BARKER D. H.; DREXHAGE, M.; STOKES, A. Using three-dimensional plant root architecture in models of shallow-slope stability. **Annals of Botany**, Oxford-UK, v. 101, n. 8, p. 1281–1293, 2008

DANJON, F.; REUBENS, B. Assessing and analyzing 3D architecture of woody root systems, a review of methods and applications in tree and soil stability, resource acquisition and allocation. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 303, n. 1, p. e34, 2008.

DEAN, W. **A ferro e fogo:** a história e a devastação da mata atlântica brasileira. São Paulo: Companhia das Letras, 1996. 484 p.

DE BAETS, S.; POESEN, J.; REUBENS, B.; MUYS, B.; DE BAERDEMAEKER, J.; DANJON, F., BARKER, D.H.; DREXHAGE, M.; STOKES, A. Using three-dimensional plant root architecture in models of shallow-slope stability. **Annals of Botany**, Oxfor-UK, v. 101, p.1281-1293, 2008.

DE BAETS, S.; POESEN, J.; REUBENS, B.; MUYS, B.; DE BAERDEMAEKER, J.; MEERSMANS, J. Methodological framework to select plant species for controlling rill and gully erosion: application to a Mediterranean ecosystem. **Earth Surface Processes and Landforms**, Oxford-UK, v. 34, n. 10, p.1374-1392, 2009.

DINERSTEIN, E. Reproductive ecology of fruit bats and the seasonality of fruit production in a Costa Rican cloud forest. **Biotropica,** Washington, v. 18, p. 307-318, 1986.

DITT, E.H. **Fragmentos florestais no Pontal do Paranapanema**. São Paulo: Annablume; IPÊ; IIEB, 2002. 140 p.

DUNAISKI JÚNIOR, A. **O gênero *Cissus* L. (Vitaceae) no Estado do Paraná, Brasil**. 1991. 105 p. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992.

DUPUY, L.; FOURCAUD, T.; STOKES, A. A numerical investigation into the influence of soil type and root architecture on tree anchorage. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 278, p. 119-134, 2005.

DUTRA, V.F.; MORIM, M.P. *Mimosa.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB18759>. Acesso em: 15 out. 2012.

EISINGER, S.M. O gênero *Indigofera* L. (Leguminosae-Papilionoideae-Indigofereae) no Rio Grande do Sul - Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana**,** v. 1, n. 2, p.123-140, jul. 1987.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2009. 412 p.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Division of Conservation Operations. Soil Conservation Service. **Native woody plants of The United States**: their erosion-control and wildlife values. San Francisco: United States Government Printing Office, 2006. 362 p. (Miscellaneous Publication, 303).

_____. Natural Resources Conservation Service. **Draft interim practice standards:** vegetative barriers. Washington, 1997. 20 p.

_____. **Plants database**: *Hibiscus bifurcathus*. Disponível em: <http://plants.usda.gov/java/profile?symbol=HIBI2>. Acesso em: 03 mar. 2013a.

_____. **Plants database:** *Psidium guajava*. Disponível em: <http://plants.usda.gov/java/charProfile?symbol=PSGU>. Acesso em: 03 mar. 2013b.

ESTEVES, F.A. **Fundamentos de limnologia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência; Finep, 1988. 575 p.

ESTEVES, G. *Hibiscus*. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9080>. Acesso em: 22 out. 2012.

_____. *Hibiscus.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB19532>. Acesso em: 23 out. 2012.

FACURE, K.G.; GIARETTA, A.A. Food habits of carnivores in a Coastal Atlantic forest of southeastern Brazil. **Mammalia**, Munchen, v. 60, p. 499-502, 1996.

FACURE, K.G.; MONTEIRO FILHO, E.L A. Feeding habits of the crab-eating fox *Cerdocyon thous* (Carnivora, Canidae) in a suburban area of southeastern Brazil. **Mammalia,** Munchen, v. 60, p. 147-149, 1996.

FAEGRI, K.; PIJL, L. van der. **The principles of pollination ecology**. 3rd ed. Oxford-UK: Pergamon Press, 1979. 244 p.

FERREIRA, D.K.; RUSCHEL, A.R.; MORAES, L.K.A. de. Fibrosas. *Gynerium sagittatum* cana-brava. In: CORADIN, L.; SIMINSKI, A.; REIS, A. (Ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro – Região Sul. Brasília: MMA, 2011. cap. 5, p. 266-269.

FIETZ, C.R.; FISCH, G.F. **O clima da região de Dourados, MS**. 2. ed. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2008. 32 p. (Documentos, 92).

FILGUEIRAS, T.S. *Hymenachne.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13269>. Acesso em: 01 nov. 2012.

_____. *Gynerium.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13260>. Acesso em: 23 out. 2012.

FLEMING, T.H. **The short-tailed fruit bat:** a study in plant-animal interactions. Chicago: University of Chicago Press, 1988. 365 p.

FLORENTINO, L.A.; MOREIRA, F.M.S. Características simbióticas e fenotípicas de *Azorhizobium doebereinerae*, microssimbiote de *Sesbania virgata.* **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 215-226, 2009.

FLORES, A.S. *Crotalaria.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22903>. Acesso em: 22 out. 2012.

FLORES, A.S.; MIOTTO, S.T.S. O gênero *Crotalaria* L. (Leguminosae-Papilionoideae) na Região Sul do Brasil. **Iheringia**. Série Botânica, Porto Alegre, v. 55, p. 189-247, 2001.

FOOT, K.; MORGAN, R. P. C. The role of leaf inclination, leaf orientation and plant canopy architecture in soil particle detachment by raindrops. **Earth Surface Processes and Landforms**, Oxford-UK, v. 30, n. 12, p. 1509–1520, 2005.

FRAGA, C.N. Dilleniaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB7357>. Acesso em: 12 out. 2012.

GALETTO, L.; BERNARDELLO, G.; ISELE, I.C.; VESPRINI, J.; SPERONI, G.; BERDUC, A. Reprodutive biology of *Erythrina crista-galli* (Fabaceae). **Annals of Missouri Botanical Garden,** St. Louis, v. 87, n. 2, p. 127-145, 2000.

GEISSLER, C.; LANG, A. C.; OHEIMB, G. Von; HÄRDTLE, W.; BARUFFOL, M.; SCHOLTEN, T. Impact of tree saplings on the kinetic energy of rainfall: the importance of stand density, species identity and tree architecture in subtropical forests in China. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 156, p. 31-40, 2012.

GOMES-KLEIN, V.L.; LIMA, L.F.P.; COSTA, G.A.G.D. Cucurbitaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB17059>. Acesso em: 12 nov. 2012.

GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; RAVENTOS, J.; ECHEVARRIAB, M. T. Comparison of sediment ratio curves for plants with different architectures. **Catena**, Amsterdam, v. 29, n. 3/4, p. 333–340,1997.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <http://www.google.com.br/html> Acesso em: 15 fev. 2013.

GRAY, D. H.; SOTIR, R. B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization:** a practical guide for erosion control. New York: John Wiley & Sons, 1996. 378 p.

GREENWAY, D. R.. Vegetation and slope stability. In: Anderson MG, Richards KS eds Slope stability. Chichester, Wiley. 1987, p. 187–230.

GRESSLER, E.; PIZO, M.A.; MORELLATO, P.C. Polinização e dispersão de sementes em Myrtaceae do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica,** São Paulo, v. 29, n.4, p. 509-530, 2006.

GUERRERO-CAMPO, J.; PALACIO, S.; PÉREZ-RONTOMÉ, C.; MONTSERRAT-MARTÍ, G. Effect of root system morphology on root-sprouting and shoot-rooting abilities in 123 plant species from eroded lands in Northeast Spain. **Annals of Botany**, Oxford-UK, v. 98, n. 2, p. 439-447, 2006.

GUIBU, L.S.; RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Exploração de recursos florais por colônias de Melipona quadrifasciata (Apidae, Meliponinae). **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 48, p. 299-305, 1988.

GUIMARÃES, E.F.; CARVALHO-SILVA, M.; MONTEIRO, D.; MEDEIROS, E.S. Piperaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12735>. Acesso em: 13 abr. 2013.

GUIMARÃES JÚNIOR, P.R. **Predação de sementes em *Crotalaria pallida* (Leguminosae; Papilionidae; Crotalarieae):** fatores dependentes de densidade e defesas bióticas e químicas. 2003. 84 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

HEIDEN, G.; SCHNEIDER, A. *Baccharis*. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB5177>. Acesso em: 13 dez. 2012.

HERWITZ, S. R.; SLYE, R. E. Three-dimensional modeling of canopy tree interception of wind-driven rainfall. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 168, p. 205-226, 1995.

IGANCI, J.R.V.; MIOTTO, S.T.S. *Sesbania.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB19125>. Acesso em: 15 out. 2012.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; ALVES DOS SANTOS, I.; SANTOS FILHO, P.S.; ENGELS, W.; RAMALHO, M.; WILMS, W.; AGUILAR, J.B.V.; PINHEIRO-MACHADO, C.A.; ALVES, D.A.; KLEINERT, A.M.P. (Org.). Checklist das abelhas e plantas melitófilas no Estado de São Paulo, Brasil. **Biota Neotropica**, São Paulo, v. 11, n. 1a, 2011. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1a/pt/abstract?inventory+bn0321101a2011>. Acesso em: 10 abr. 2013.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; KLEINERT-GIOVANNINI, A.; RAMALHO, M. Pollen harvest by eusocial bees in a non-natural community in Brazil. **Journal of Tropical Ecology,** Cambridge, v. 5, p. 239-242, 1989.

IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; RAMALHO, M.; KLEINERT-GIOVANNINI, A. Abelhas sociais e flores: análise polínica como método de estudo. In: PIRANI, J.R.; CORTOPASSI-LAURINO, M. (Ed.). **Flores e abelhas em São Paulo.** São Paulo: EDUSP; FAPESP, 1993. p. 17-30.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 2012. 271 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 1).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de pedologia**. Rio de Janeiro: Fundação IBGE, 2007. 316 p. (Manuais Técnicos em Geociências, 4).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Encostas marginais do reservatório da barragem de Porto Primavera: implantação do programa de monitoramento.** São Paulo, 2001a. (Relatório IPT, 51.195).

_____. **Monitoramento das encostas marginais do reservatório da barragem de Porto Primavera:** caracterização geológico-geomorfológica da área de interesse. São Paulo, 2001b. (Relatório IPT (parcial), 49.458).

_____. **Estudo de alternativas de proteção para o controle de erosão nas margens do reservatório da UHE Eng. Sérgio Motta (Porto Primavera):** projeto CESP-IPT (P&D Aneel nº 0061- 013/2006). São Paulo, 2012. (Relatório IPT, 130 968-205).

JACOMINE, P.K.T. Solos sob matas ciliares. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.). **Matas ciliares**: conservação e recuperação. 2. ed. São Paulo-SP: EDUSP; FAPESP, 2001. cap. 2, p. 27-31.

JAMES, E.K.; LOUREIRO, M.F.; POTT, A.; POTT, V.J.; MARTINS, C.M.; FRANCO, A.A.; SPRENT, J.I. Flooding-tolerant legume symbioses from the brazilian Pantanal. **New Phytologist**, Lancaster, v. 150, n. 3. p. 723-738, June 2001.

KATO, M.; KOSAKA, Y.; KAWAKITA, A.; OKUYAMA, Y.; KOBAYASHI C.; PHIMMINITH, T; THONGPHAN, D. Plant-pollinator interactions in tropical monsoon forests in Southeast Asia. **American Journal of Botany**, Brooklyn, v. 95, n. 11, p. 1375-1394, 2008.

KER, J.C. Latossolos do Brasil: Uma revisão. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 5, p. 17-40, 1998.

KIEPE, P. Effect of *Cassia siamea* hedgerows barriers on soil physical properties. **Geoderma**, Amsterdan, v. 66, n. 1/2, p.113—120, 1995.

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: Basf, 1999. 976 p.

KOCH, I.; RAPINI, A.; KINOSHITA, L.S.; SIMÕES, A.O.; SPINA, A.P. Apocynaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB4861>. Acesso em: 06 out. 2012.

KRAMER, J.; WEAVER, J.E. Relative efficiency of roots and tops of plants in protecting the soil from erosion. **Nebrasca University Conservation Department Bulletin**, Nebrasca, v. 12, 94 p., 1936.

KREMEN, C.; WILLIAMS, N.M.; AIZEN, M.A.; GEMMILL-HERREN, B.; LEBUHN, G.; MINCKLEY, R.; PACKER, L.; POTTS, S.G.; ROULSTON, T.; STEFFAN-DEWENTER, I.; VAZQUEZ, D.P.; WINFREE, R.; ADAMS, L.; CRONE, E.E.; GREENLEAF, S.S.; KEITT, T.H.; KLEIN, A.M.; REGETZ, J.; RICKETTS, T.H. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. **Ecology Letters**, Zurich, v. 10, p. 299-314, 2007.

KRONKA, F.J.N.; NALON, M.A.; MATSUKUMA, C.K.; KANASHIRO, M.M.; YWANE, M.S.S.; PAVÃO, M.; DURIGAN, G.; LIMA, L.M.P.R.; GUILLAUMON, J.R.; BAITELLO, J.B.; BORGO, S.C.; MANETTI, L.A.; BARRADAS, A.M.F.; FUKUDA, J.C.; SHIDA, C.N.; MONTEIRO, C.H.B.; PONTINHA, A.A.S.; ANDRADE, G.G.; BARBOSA, O.; SOARES, A.P.; COUTO, H.T.Z. do; JOLY, C.A. **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente; Instituto Florestal, 2005. 200 p.

LIMA, H.C. de. *Erythrina.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB29674>. Acesso em: 18 out. 2013.

LIMA, L.C.P.; OLIVEIRA, M.L.A.A. *Aeschynomene.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB82607>. Acesso em: 23 out. 2012.

LIMA, L.C.P.; SARTORI, A.L.B.; POTT, V.J. Aeschynomene L. (Leguminosae, Papilionoideae, Aeschynomeneae) no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Hoehnea,** São Paulo, v. 33, n. 4, p. 419-453, 2006.

LOMBARDI, J.A. Vitaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15253>. Acesso em: 03 mar. 2013.

LORENZI, H. (Ed.). **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.

LORENZI, H.; BACHER, L.B.; LACERDA, M.T.C.; SARTORI, S.F. **Brazilian fruits & cultivated exotics:** for consuming in natura**.** Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora, 2006. 247 p.

MAGALHÃES, F.M.M.; SILVA, M.F. da. Associações Rhizobium – Leguminosas no Estado de Rondônia. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 16/17, p. 7–17, 1987.

MARQUETE, N. Combretaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB6905>. Acesso em: 27 nov. 2012.

MATTIA, C.; BISCHETTI, G. B.; GENTILE, F. Biotechnical characteristics of root systems of typical Mediterranean species. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 278, n. 1/2, p. 23-32, 2005.

MELAZZO, A.F.O.; OLIVEIRA, P.E. *Cuphea melvilla* Lindlay (Lythraceae): uma espécie do Cerrado polinizada por beija-flores. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana**,** v. 26, n. 2, p. 281-289, abr./jun. 2012.

MENEGUETTE, A.A.C. **Atlas interativo do Pontal do Paranapanema**: uma contribuição à Educação Ambiental. 2001. 176 p. Tese (Livre-Docência em Cartografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Presidente Prudente, 2001.

MEYER, L.D.; DABNEY, S.M.; HARMON, W.C. Sediment-trapping effectiveness of stiff-grass hedges. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 38, n. 3, p. 809-815, 1995.

MIKICH, S.B. **Frugivoria e dispersão de sementes em uma pequena reserva isolada no estado do Paraná, Brasil.** 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MIOTTO, S.T.S.; IGANCI, J.R.V. *Indigofera.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22980>. Acesso em: 25 out. 2012

MOREIRA, J.L.A.; AZEVEDO-TOZZI, A.M.G. *Indigofera* L. (Leguminosae, Papilionoideae) no estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 20, n.1, p. 97-117, jun. 1997.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo comparativo da fenologia e dinâmica de duas formações florestais na Serra do Japi, Jundiaí, SP**. 1987. 232p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1987.

MIKICH, S.B. **Frugivoria e dispersão de sementes em uma pequena reserva isolada no estado do Paraná, Brasil.** 2000. 145 p. Tese (Doutorado em Zoologia) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

MORO, M.F.; SOUZA, V.C.; OLIVEIRA-FILHO, A.T.; QUEIROZ, L.P.; FRAGA, C.N.; RODAL, M.J.N.; ARAÚJO, F.S.; MARTINS, F.R. Alienígenas na sala: o que fazer com espécies exóticas em trabalhos de taxonomia, florística e fitossociologia? **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana**,** v. 26, n. 4, p. 991-999, 2012.

MOTTA JÚNIOR, J.C.; MARTINS, K. The frugivorous diet of the Maned Wolf, Chrysocyon brachyurus, in Brazil: ecology and conservation. In: LEVEY, J.; SILVA, W.R.; GALETTI, M. (Ed.). **Frugivory and seed dispersa**l: evolution, ecology and conservation. Wallingford: CAB International, 2002. p. 291-303.

NAKAJIMA, J. *Eupatorium.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB22208>. Acesso em: 11 nov. 2012.

NDOYE, I.; TOMEKPE, K.; DREYFUS, B.; DOMMERGUES, Y.R. *Sesbania* and *Rhizobium* symbiosis: nodulation and nitrogen fixation. In: MACKLIN, B.; EVANS, D.O. (Ed.). **Perennial *Sesbania* species in agroforestry systems.** Waimanalo: Nitrogen Fixing Tree Association, 1990. p. 31-38.

NIC LUGHADHA, E.N.; PROENÇA, C. A survey of the reproductive biology of the Myrtoideae (Myrtaceae). **Annals of the Missouri Botanical Garden,** Missouri, v. 83, p. 480-503, 1996.

NORMAN, S. A.; SCHAETZL, R. J.; SMALL, T. W. Effects of slope angle on mass movement by tree uprooting. **Geomorphology**, Amsterdan, v. 14, p. 19–27, 1995.

ORSI, M.L.; MEDRI, M.E.; SILVA, E.S.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A. Quebra da dormência de sementes de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Fabaceae), por *Pimelodus maculatus* Lacépede 1803. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 2., 1994, Londrina. **Anais...** Londrina: Sociedade de Ecologia do Brasil, 1994. p. 509.

PAGANO, S. N. Nutrientes minerais do folhedo produzido em mata mesófila semidecídua no município de Rio Claro, SP. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 49 **n.** 3, p. 641-647, 1989.

PEREZ, A.P.F. *Vigna.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB29905>. Acesso em: 03 dez. 2012.

PHILLIPS, C.; CZERNIN, A. Below-ground morphology of *Cordyline australis* (New Zealand cabbage tree) and its suitability for river bank stabilization. **New Zealand Journal of Botany**, Wellington-NZ, v. 43, p. 851–864, p. 2005.

PHILLIPS, C. J.; EKANAYAKE, J. C.; MARDEN, M. Root site occupancy modelling of young New Zealand native plants: implications for soil reinforcement. **Plant and Soil**. Amsterdan, v. 346, n. 1/2, p. 201-214. 2011.

POLLEN - BANKHEAD, N.; SIMON, A. Hydrologic and hydraulic effects of riparian root networks on streambank stability: is mechanical root-reinforcement the whole story? **Geomorphology**, Amsterdan, v. 116, p. 353–362, 2010.

POTT, A.; POT, V. J.; BUENO SOBRINHO, A.A. Plantas úteis à sobrevivência no Pantanal. In: SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SÓCIO ECONÔMICOS DO PANTANAL, 4., 2004, Corumbá. **Sustentabilidade regional:** palestras... Corumbá: Embrapa Pantanal, 2004. p. 82-90.

POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Serviço de Produção de Informação, 1994. 320 p.

POTT, V.J.; POTT, A. Checklist das macrófitas aquáticas do Pantanal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana, v. 11, p. 215-227, 1997.

_____. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

PRESTON, C.D.; PEARMAN, D.A.; DINES, T.D. **New atlas of the British and Irish flora**. Oxford-UK: Oxford University Press, 2002. 912 p.

PYŠEK, P.; RICHARDSON, D.M.; REJMÁNEK, M.; WEBSTER, G.L.; WILLIAMSON, M.; KIRSCHNER, J. Alien plants in checklists and floras. **Taxon**, Berlin, v. 53, n. 1, p.131-143, Febr. 2004.

REJMÁNEK, M. Invasive plants: approaches and predictions. **Austral Ecology**, Adelaide, v. 25, p. 497–506, 2000.

REJMÁNEK, M.; RICHARDSON, D.M.; BARBOUR, M.G.; CRAWLEY, M.J.; HRUSA, G.F.; MOYLE, P.B.; RANDALL, J.M.; SIMBERLOFF, D.; WILLIAMSON, M. Biological invasions: politics and the discontinuity of ecological terminology. **Bulletin of the Ecological Society of America**, Ithaca, v. 83, p.131–133, 2002.

REUBENS, B.; POESEN, J.; DANJON, F.; GEUDENS, G.; MUYS, B., The role of fine and coarse roots in shallow slope stability and soil erosion control with a focus on root system architecture: a review. **Trees-Structure and Function**, Berlim, v. 21, p. 385-402, 2007.

RICHARDSON, D.M.; PYŠEK, P.; REJMÁNEK, M.; BARBOUR, M.G.; PANETTA, F.D.; WEST, C.J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. **Diversity and Distributions**, Malden, v. 6, p. 93-107, 2000.

RODRIGUES, A.C.; ESTELITA M. E.M. Anatomia da raiz de Cyperus giganteus Vahl (Cyperaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 629-638, out./dez. 2004.

RODRIGUES, R.S.; FLORES, A.S.; MIOTTO, S.T.S.; BAPTISTA, L.R.M. O gênero *Senna* (Leguminosae, Caesalpinioideae) no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Feira de Santana-BA, v. 19, n. 1, p. 1-16, 2005.

SAINTY, G.R.; JACOBS, S.W.L. **Waterplants in Australia**. 3rd ed. Sidney: CSIRO, 1994. 327 p.

SALIMENA, F.R.G.; THODE, V.; MULGURA, M.; O'LEARY, N.; FRANÇA, F.; SILVA, T.R.S. Verbenaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB15171>. Acesso em: 12 dez. 2012.

SALIS, S.M.; REIS, V.D.A. dos; MARCONDES, A.N. Floração de espécies apícolas no Pantanal baseada em informações de herbário e literatura. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento,** Corumbá, v. 91, dez. 2009. 46 p. Disponível em: <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/BP91.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2013.

SANCHEZ, G.; PUIGDEFABREGAS, J. Interactions of plant growth and sediment movement on slopes in a semi-arid environment. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 243–260, 1994.

SANTOS, A.B.; REIS Jr, F.B.; LOPES, A.A.C.; MENDES, I.C.; SIMON, M.F.; FARIA, S.M.; LOUREIRO, M.F.; GROSS, E.; ELLIOTT, G.N.; BONTEMPS, C.; YOUNG, J.P.W.; SPRENT, J.I.; JAMES, E.K. Avaliação da capacidade simbiótica de estirpes de “beta-rizóbios” isoladas de nóculos de diferentes espécies de *Mimosa*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2.; SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília: EMBRAPA, 2008. 1 CD-ROM.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Pontal do Paranapanema**: Zoneamento ecológico-econômico. São Paulo, 1999. 1 v.

_____. Fundação Florestal. **Plano de manejo do Parque Estadual do Aguapeí.** 2012a. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br> Acesso em 24 jan. 2013.

_____. **Plano de manejo do Parque Estadual do rio do Peixe.** 2012b. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br > Acesso em: 24 jan. 2013.

SCHIECHTL, H. M.; STERN, R. **Water bioengineering techniques**: for watercourse, bank and shoreline protection. Oxford-UK: Blackwell Publishing Limited, 1997. 186 p.

SENSORIAMENTO REMOTO E AGRONOMIA. **Pontal do Paranapanema**: zoneamento ecológico-econômico. Curitiba, 1998. 1 CD-ROM.

SEVERINO, F.J.; CHRISTOFFOLETI, P.J. Efeitos de quantidades de fitomassa de adubos verdes na supressão de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 2, p. 223-228, 2001.

SHANTZ, H. L. Challenge of erosion to botanists. **Iowa State Col. Jour. Sci.**, Iowa, v. 9, p. **353**-363, 1935.

SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I.; GOTTSBERGER, G. A polinização de plantas do cerrado. **Revista Brasileira de Biologia**, São Carlos, v. 48, n. 4, p. 651-663, 1988.

SILVA, L. M. DA; CRUSCIOL, C. A. C.; CRUCIOL, J. H.; VIEGAS, P. R. A.; PEDROTTI, A. Comprimento radicular e nutrição de cultivares de painço em resposta à calagem. **Científica**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, p. 64–72, 2013.

SIMCOCK RC, MEURK CD, SMALE MC. Maintaining and revegetating roadsides: Handbook for road controlling authorities and contractors. **Landcare Research**: Lincoln-NZ, Unpublished Report, 80 p., 2005.

SIMON, A.; COLLISON, A. J. C. Quantifying the mechanical and hydrologic effects of riparian vegetation on streambank stability. **Earth Surface Processes and Landforms**, Oxford-UK , v. 27, p. 527-546, 2002.

SNOW, B.K.; SNOW, D.W. The feeding ecology of tanagers and honeycreepers in Trinidad. **Auk,** Berkeley, v. 88, p. 291-322, 1971.

SOARES, P.N.; DEMATTEIS, M. *Vernonia*. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB16377>. Acesso em: 18 mar. 2013.

SOBRAL, M.; PROENÇA, C.; SOUZA, M.; MAZINE, F.; LUCAS, E. Myrtaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB10867>. Acesso em: 28 out. 2012.

_____. Myrtaceae. In*:* **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB24034>. Acesso em: 21 dez. 2012.

_____. Myrtaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB10338>. Acesso em: 08 mar. 2013.

SOUZA, D.I.A. de. Nodulation of Indigenous Trinidad legumes. **Tropical Agriculture Trinidad,** Trinidad, v. 43, n. 3, p. 265-267, 1966.

SOUZA, M. C. de; VIANNA, L. F.; KAWAKITA, K.; MIOTTO, S. T. S. O gênero *Aeschynomene* L. (Leguminosae, Faboideae, Dalbergieae) na planície de inundação do alto rio Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 198-210, 2012.

SOUZA, V.C.; BORTOLUZZI, R.L.C. *Senna.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB83691>. Acesso em: 13 nov. 2012.

SPRENT, J.I. **Nodulation in legumes**. London: Kew Royal Botanical Gardens, 2001. 158 p.

STEFANO, M.V.; CALAZANS, L.S.B.; SAKURAGUI, C.M. Meliaceae. *In:* **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB9998>. Acesso em: 13 dez. 2012.

STEHMANN, J.R.; MENTZ, L.A.; AGRA, M.F.; VIGNOLI-SILVA, M.; GIACOMIN, L. Solanaceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB14821>. Acesso em: 20 dez. 2012.

STOKES, A.; ATGER, C.; BENGOUGH, A. G.; FOURCAUD, T.; SIDLE, R. C. Desirable plant root traits for protecting natural and engineered slopes against landslides. **Plant and Soil**, Amsterdan, v. 324, p.1-30, 2009.

STOKES, A.; NORRIS, J. E.; VAN BEEK, L. P. H.; BOGAARD, T.; CAMMERAAT, E.; MICKOVSKI, S. B.; JENNER, A.; DI IORIO, A.; FOURCAUD, T. How vegetation reinforces soil on slopes, slope stability and erosion control: ecotechnological solutions. In: _____. **Slope Stability and Erosion Control**: Ecotechnological Solutions. Berlim: Springer, 2008. Chapter 4, p. 65-118.

STOKES, A.; SOTIR, R.; CHEN, W.; GHESTEM, M. Soil bio- and eco-engineering in China: past experience and future priorities. **Ecological Engineering**, Amsterdam, v. 36, n. 3, p. 247–257, 2010. Special Issue: Vegetation and slope stability.

STONE, E. L.; KALISZ, P. J. On the maximum extent of tree roots. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 46, p. 59-102, 1991.

TANAKA, R. H.; CARDOSO, L.R.; MARTINS, D.; MARCONDES, D.A.S.; MUSTAFÁ, A.L. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 20, p. 99-111, 2002. (Edição Especial).

THEMAG/ENGEA/UMAH CONSORCIADOS. **Estudo de impacto ambiental:** usina hidrelétrica de Porto Primavera. São Paulo, 1993. 1 v.

THONNISSEN, C.; MIDMORE, D.J.; LADHA, J.K.; OLK, D.C.; SCHMIDHALTER, U.Legume decomposition and nitrogen release when applied as green manures to tropical vegetable production systems. **Agronomy Journal,** Madison, v. 92, p. 253-260, 2000.

TOGNON, A.A. (Coord.). **Glossário geral de termos técnicos de geologia de engenharia ambiental**. 2. ed. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental, 2012. 293 p.

TOUMEY, J.W.; KORSTIAN, C.F. **Seeding and planting in the practice of forestry**: a manual for the guidance of forestry students, foresters, nursery men, forest owners, and farmers. 2nd ed. New York; London: C. F. Korstian, 1931. 507 p.

TRUONG, P. N. V.; SCATTINI, W. Vetiver - The hedge against erosion ? **Australian Journal of Soil and Water Conservation**, Brisbane, v. 3, p. 16-18, 1990.

VALLADARES-PÁDUA, C.; LIMA, J.F.; CULLEN JÚNIOR, L.; MORATO, M.I.R. Módulos Agroflorestais na conservação de fragmentos florestais da Mata Atlântica. **Revista Experiências PDA,** Brasília, v. 2, p. 7- 33, jan. 2002.

VALLS, J.F.M.; OLIVEIRA, R.C. de. *Paspalum.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011a. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB20461>. Acesso em: 02 out. 2012.

_____. *Paspalum.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011b. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13487>. Acesso em: 05 out. 2012.

VAN DERSAL, W.R. **Native woody plants of the United States**: their erosion-control and wildlife values. San Francisco: United States Government Printing Office, 2006. 362 p. (Miscellaneous Publication, 303).

VAN KRAAYENOORD, C. W. S.; HATHAWAY R. L. (ed.). **Plant materials handbook for soil conservation**: introduced plants - v. 2. Wellington, N.Z: Soil Conservation Center, 1986. 229 p. Water and Soil Misc. Publ. n. 94.

VAZZOLER, A.E.A.; AGOSTINHO, A.A.; HAHN, N.S. (Ed.). **A planície de inundação do alto rio Paraná**: aspectos físicos, biológicos e socioeconômicos. Maringá: Eduem, 1997.460 p.

VELOSO, H.P.; GÓES FILHO, L. **Fitogeografia brasileira**: classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. Salvador: Projeto Radambrasil, 1982. 86 p. (Boletim Técnico. Vegetação, 1).

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao_digital_publicacoes.php>. Acesso em: 23 nov. 2012.

VIEIRA, A.O.S. **Biologia reprodutiva e hibridação em espécies sintópicas de *Ludwigia* (Onagraceae) no Sudeste do Brasil.** 2002. 140 p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade de Campinas, Campinas, 2002.

_____. Onagraceae. In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB4035>. Acesso em: 12 dez. 2012.

VITAL, A. R. T.; GUERRINI, I. A.; FRANKEN, W. K.; FONSECA, R. C. B. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma Floresta Estacional Semidecidual em zona ripária. **Rev. Árvore**, v. 28, n. 6, p. 793-800, 2004.

WAISEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. **Plant Roots**: the hidden half. New York: Marcel Dekker, 2002, 1136 p.

XAVIER, D.F. **Potencial de estirpes nativas de rhizobium em simbiose com leguminosas forrageiras tropicais**. 1988. 184 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Itaguai, 1988.

_____. **Leguminosas:** fixação de N2 e sua importância como forrageira: curso de pecuária leiteira. Coronel Pacheco: Embrapa CNPGL, 1989. 25 p. (Documentos, 36).

XU, X.-L.; MA, K.-M.; FU, B.-J.; LIU, W.; SONG, C.-J. Soil and water erosion under different plant species in a semiarid river valley, SW China: the effects of plant morphology. **Ecological Research**, Tokyo, v. 24, n. 1, p 37- 46, 2009.

ZANIN, A. *Andropogon.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB12957>. Acesso em: 22 out. 2012.

ZAPPI, D. *Cephalanthus.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil.** Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB13854>. Acesso em: 09 dez. 2012.

ZHOU, Z. C.; SHANGGUAN, Z. P. Effect of ryegrasses on soil runoff and sediment control. **Pedosphere**, Amsterdam, v. 18, n. 1, p. 131–136, 2008.

3 POTENCIAL DE GERMINAÇÃO E PRODUÇÃO DE MUDAS EM VIVEIRO DE SETE ESPÉCIES SUBARBUSTIVAS E ARBUSTIVAS NATIVAS

Resumo

Espécies nativas de hábito subarbustivo e arbustivo de rápido crescimento podem exercer papel importante em práticas visando o controle de erosão para a restauração, principalmente em áreas muito perturbadas, onde a regeneração natural tende a ser mais lenta, a declividade do terreno é mais acentuada e os processos erosivos são mais intensos, como comumente se observa em margens de corpos hídricos. Considerando-se as dificuldades para obtenção de sementes de espécies nativas em grandes quantidades para a prática de semeadura direta, bem como de *topsoil* para transposição, o objetivo deste trabalho foi levantar informações preliminares sobre o potencial de germinação de sementes de 07 espécies subarbustivas e arbustivas nativas para subsidiar a produção de mudas em viveiro e aplicação em práticas para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos no contexto regional. Após coleta, beneficiamento, semeadura em tubetes de 53 cm^3 e monitoramento em condições controladas de viveiro, foram calculados os percentuais de germinação (PG) por período e acumulada, e a velocidade de germinação (IVG) em condições parcialmente controladas de viveiro para amostras de lotes semeados em épocas distintas e armazenados por períodos distintos em câmara fria (4-5 ºC). Os resultados indicaram que *Senna alata* (L.) Roxb.*, Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.e Hibiscus sororius* L. demonstraram requerer tratamento pré-germinativo para quebra de dormência tegumentar, distinguindo-se de *Aeschynomene sensitiva* Sw. e *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., que germinaram naturalmente em condições de viveiro entre 07 e 14 dias, apresentando elevados percentuais de germinação acumulada (respectivamente 98,3% e 91,5%). *Ludwigia sp1* e *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum. também apresentaram percentuais elevados (respectivamente 94,9% e 92,6%), mas foram mais lentas, levando de 30 e 30-60 dias para que germinassem. *S. virgata e C. glabratus* manifestaram dormência em condições de laboratório, mas, não em viveiro. *Aeschynomene sensitiva, Senna alata* e *S. virgata* apresentaram preferência por períodos mais quentes do ano para germinar. Com exceção de *Ludwigia sp1, as* demais espécies apresentaram tolerância das sementes a períodos de armazenamento que variou de 24 a 28 meses. A maioria das espécies não apresentou problemas quanto à germinação para produção de mudas em viveiro, podendo ser aplicada em práticas para controle de erosão e restauração na região de estudo.

Palavras-chave: Tempo de armazenamento; Dormência tegumentar; Época de semeadura; Germinação de sementes em laboratório; Germinação de sementes em viveiro

Abstract

Native rapid growth shrub and subshrub species may play an important role in practices of erosion control for restoration, especially in very disturbed areas where natural regeneration tends to be slower, where the terrain is steeper and where erosion processes are more intense, as commonly observed in streams, rivers and reservoirs. Considering how difficult it is to obtain topsoil for transposition, and also how difficult it is to obtain large quantities of seeds for direct seeding practices, the aim of this study was to obtain preliminary information about seeds germination potential of 07 native shrubs and subshrubs, providing support for nursery seedlings production and erosion control and restoration trails along water body margins in the regional context. After collecting, processing, sowing in 53 cm^3 tubes and after monitoring in nursery controlled conditions, we calculated germination percentage (GP) per period and accumulated, as well as germination speed (GS) in partially controlled nursery conditions for lot samples sowed at different times and stored for different periods in cold storage (4-5°C).The results indicated that *Senna alata* (L.) Roxb.*, Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.e Hibiscus sororius* L. required pre - germination treatment for breaking seed coat dormancy, different from *Aeschynomene sensitiva* Sw. and *Sesbania virgata* (Cav.) Pers., that germinated naturally in nursery conditions between 7 and 14 days, presenting high percentage of accumulated germination (98.3 % and 91.5 %, respectively). *Ludwigia sp1* and *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum. also presented high percentages (94.9 % and 92.6 %, respectively), but they were slower, taking from 30 to 60 days to germinate. *S. virgate* and *C. glabratus* were dormant under laboratory conditions, but they were not dormant in the nursery. *Aeschynomene sensitive*, *Senna alata* and *Sesbania virgata* all showed preference for warmer periods of the year to germinate. Except for *Ludwigia* sp1, all other species showed seed tolerance to storage periods ranging from 24 to 28 months. Most species presented nogermination problems for seedlings in the nurseries; thus, they can be applied in practices of erosion control and restoration of the studiedsite.

Keywords: Storage time; Seed coat dormancy; Sowing time; Laboratory seed germination; Seed germination in nursery

3.1 Introdução

Quanto mais facilmente propagadas, mais facilmente as espécies poderão ser plantadas. Espécies potenciais seriam aquelas cujos tipos de propágulos deveriam propiciar a semeadura para produção de mudas em escala de viveiro e/ou o transplante destes diretamente para os locais de implantação em campo. Neste caso, dependerá dos tipos de propágulos, formas de propagação, bem como do potencial de obtenção de propágulos provenientes de áreas adjacentes.

Germinação é o processo que se inicia com a retomada do crescimento pelo embrião das sementes, desenvolvendo-se até o ponto em que forma uma nova planta com plenas condições de nutrir-se por si só, tornando-se independente

(KRAMER; KOZLOWSKI, 1972). A germinação ocorre numa sequencia de eventos fisiológicos, influenciada por fatores externos (ambientais: luz, temperatura, disponibilidade de água e de oxigênio) e internos (inibidores e promotores da germinação) às sementes, que podem atuar por si ou em interação com os demais. (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972; NASSIF et al., 1998): absorção de água, início da mitose, acréscimo no teor de enzimas e aumento da sua atividade e da digestão das substâncias de reserva, transporte do alimento para as regiões de crescimento, aumento da respiração e da assimilação, aceleração da mitose, diferenciação celular.

As sementes de cerca de um terço das espécies germinam imediatamente em condições favoráveis, mas as demais apresentam algum grau de dormência (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972). O conhecimento de como os fatores internos e externos influencia a germinação e a dormência das sementes de cada espécie é que permite controlar o armazenamento e a germinação.

Na germinação, após a embebição da semente, esta absorve a água e incha, o tegumento hidratado amolece e se rompe, os tecidos de crescimento se desenvolvem com o fornecimento de alimento pelos cotilédones, a radícula emerge e se fixa, as folhas começam a se formar aumentando o potencial fotossintético da plântula, inicia-se a absorção de nutrientes do ambiente, os cotilédones sofrem abscisão e a planta passa a se alimentar sozinha (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972).

Conforme Smith et al. (2003), há quatro tipos principais de germinação: epígea, hipógea, intermediária e criptógea. Na germinação epígea, o hipocótilo alonga-se e curva-se para cima, levando os cotilédones para fora do solo, que se expandem em órgãos fotossintéticos, o tegumento se desprende e a plântula forma o caule com as primeiras folhas; na hipógea, não há alongamento do hipocótilo e os cotilédones se mantêm no interior do tegumento, sob a terra, a raíz primária penetra o solo para o fundo e o hepicótilo cresce para fora do solo emitindo as primeiras folhas fotossintéticas (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972).

A dormência é um processo que distribui a germinação no tempo como resultado da estratégia evolutiva das espécies para garantir que algumas encontrem condições ambientais favoráveis para desenvolver plantas adultas, bloqueando a germinação sob condições favoráveis imediatas em diferentes graus dentro de uma

população, protegendo as sementes da deterioração e sendo superada ao longo do tempo e sob condições naturais de clima ou de alterações climáticas. (BIANCHETTI, 1989). Caracteriza-se pela incapacidade de germinação de sementes mesmo quando são expostas a condições ambientais favoráveis, ocorrendo de forma primária, quando já está presente nas sementes colhidas, e de forma secundária, quando é causada por alterações fisiológicas provocadas por exposição a condições desfavoráveis à germinação após a colheita (VIEIRA; FERNANDES, 1997).

A dormência impede a germinação, mas é uma adaptação para a sobrevivência das espécies em longo prazo, pois geralmente faz com que as sementes mantenham-se viáveis por maior período de tempo, sendo quebrada em situações especiais; para o silvicultor, a dormência tanto pode servir para manter as sementes por longos períodos, como pode ser um empecilho à germinação, impedindo-a ou tornando-a irregular e, como consequência, dificultando a produção de mudas por via sexuada. (KRAMER; KOSLOWSKI, 1972).

A dormência de sementes pode ser causada por substâncias inibidoras, por resistência mecânica dos tecidos externos ao embrião, pela imaturidade do embrião ou pela dormência do próprio embrião (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972); há sementes que apresentam combinações de dois ou mais destes fatores (VIEIRA; FERNANDES, 1997). A dormência pode ser tegumentar ou exógena e embrionária ou endógena, podendo ocorrer independentemente uma da outra ou simultaneamente na mesma semente (FOWLER; BIANCHETTI, 2000), neste caso chamada de dupla dormência (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972). A dormência exógena é devida à impermeabilidade do tegumento à água ou gases e a endógena pode ser devida à imaturidade do embrião, ou à inibição fisiológica que o impeça de se desenvolver. Há espécies que desenvolvem mecanismos complexos, nos quais cada uma das partes do eixo embrionário da semente apresenta uma diferente intensidade de dormência; em alguns casos, a radícula se desenvolve e o epicótilo não, ao que se denomina de dormência epicotelial; noutras, a radícula apresenta alguma dormência, porém menos intensa que a do epicótilo, representando um caso especial de dormência dupla. (FOWLER; BIANCHETTI, 2000).

A dormência pode ser física, química, mecânica, morfológica ou fisiológica (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972; FOWLER; BIANCHETTI, 2000; SMITH et al., 2003).

Conhecer e controlar os fatores ambientais permite otimizar a quantidade, velocidade e uniformidade da germinação e produzir mudas vigorosas. Entre os processos mais comuns para superação da dormência de sementes estão a escarificação química, escarificação mecânica, estratificação fria e quente-fria, choque térmico, exposição à luz intensa, imersão em água quente e embebição em água fria (KRAMER; KOZLOWSKI, 1972; FOWLER; BINCHETTI, 2000).

BRAGA et al. (2010) investigaram o tempo ótimo de escarificação das sementes de *Senna alata* em ácido sulfúrico e o efeito da temperatura, em condição de luz e escuro na germinação de sementes dessa espécie. As sementes foram imersas em ácido sulfúrico concentrado por períodos de 0, 15, 30 e 60 minutos, e o teste de germinação realizado em BOD a 25ºC, Os autores submeteram a temperaturas de 10 a 45ºC, com intervalos de 5ºC, em condição de luz fluorescente branca ou escuro contínuo. As avaliações do PG e IVG foram feitas diariamente, durante 10 dias, onde as sementes foram consideradas germinadas quando apresentaram 2 mm de raiz. A escarificação do tegumento com ácido sulfúrico durante 60 minutos, foi ideal por proporcionar maiores valores de PG e IVG. A germinação ocorre entre 15 e 40ºC, sendo consideradas fotoblásticas neutras entre 20 e 40ºC e fotoblásticas negativas preferenciais a 15ºC. O melhor desempenho germinativo foi obtido nas temperaturas de 25, 30 e 35ºC, onde ocorreram maior PG e IVG.

Os principais fatores do ambiente que influenciam a germinação são: luz, temperatura, água, meio de crescimento, recipiente, nutrientes, alelopatia, fauna e micro-organismos. A temperatura pode afetar as reações bioquímicas que determinam todo o processo germinativo. A germinação de cada espécie depende da temperatura e ocorre dentro de limites definidos (mínimo, ótimo e máximo), que caracterizam sua distribuição geográfica. Há espécies que respondem bem tanto à temperatura constante como à alternada. A alternância de temperatura corresponde, provavelmente, a uma adaptação às flutuações naturais do ambiente. A temperatura ótima de germinação de espécies tropicais encontra-se entre 15º C e 30ºC, a máxima entre 35º C e 40º C e a mínima pode chegar 0º C. A velocidade de germinação e uniformidade de emergência diminuem com temperaturas abaixo da ótima e temperaturas acima da ótima aumentam a velocidade de germinação,

embora somente as sementes mais vigorosas consigam germinar (NASSIF *et al.*, 1998).

No processo de restauração ecológica, um dos pontos cruciais refere-se aos aspectos relacionados à tecnologia de sementes e produção de mudas. Cada uma das etapas do processo de produção das sementes, desde a coleta, beneficiamento, secagem e o armazenamento das sementes, quebra de dormência das sementes até a semeadura, assume papel primordial, ressaltando-se a necessidade de ampliação dos estudos para espécies florestais nativas (SANTOS JÚNIOR, 2006).

Diversos aspectos importantes relacionados às sementes devem ser considerados tendo em vista os fatores que influenciam a germinação e o sucesso da produção das mudas, tais como: conhecimento de sua origem, análise e escolha de sementes, análise de pureza, teor de água, substratos, plântulas normais e anormais, sementes múltiplas, pré-tratamentos para quebra de dormência, pré-esfriamento, pré-aquecimento, nitrato de potássio ácido giberélico (GA3), germinação a baixa temperatura, luz, embebição, escarificação química, escarificação mecânica, assepsia nos testes de germinação, dentre outros. As técnicas de beneficiamento e armazenamento são igualmente importantes, sendo recomendado que a semeadura seja efetuada o quanto antes, pois em geral, espécies nativas têm poder germinativo das sementes diminuído com o tempo (SANTOS JÚNIOR, 2006).

Atualmente verifica-se que as informações disponíveis sobre os procedimentos para produção de mudas de espécies nativas em escala de viveiro restringem-se mais às espécies de hábito arbóreo, e, nem sempre correspondem às recomendações embasadas em experimentos em laboratório. A aplicação de procedimentos para a quebra de dormência tegumentar recomendada pela literatura nem sempre é aplicável na prática, tais como o uso de ácidos, devido aos custos e riscos de acidentes de trabalho, ou mesmo a escarificação mecânica, devido aos custos e indisponibilidade de mão de obra qualificada, com riscos de injúrias às sementes. E, apesar da crescente redução de matrizes para coleta de sementes, custos envolvidos desde a coleta de sementes até os procedimentos em viveiro, tais como beneficiamento, irrigação, insumos, tempo para germinação e formação de

mudas, a inadequação quanto aos procedimentos inclusive de plantio no campo resultam em desperdício de sementes, mudas e recursos financeiros.

A utilização de espécies de hábito subarbustivo, arbustivo e arbustivo-árbóreo, de rápido crescimento, capazes de produzir sementes com maior frequência e serem mais abundantes na natureza do que as espécies arbóreas pode ser uma alternativa importante, não apenas para reduzir a pressão de coleta sobre as espécies arbóreas, mas para a aplicação em práticas para o controle de erosão e restauração, principalmente na fase inicial (Etapa 1), principalmente onde a declividade do terreno é mais acentuada, a microtopografia é irregular e os processos erosivos são mais intensos, ou quando a condição hídrica do substrato (seca, alagamento) é um fator limitante, como comumente ocorre em ecossistemas ripários.

Considerando-se as dificuldades para obtenção de sementes de espécies nativas em grandes quantidades para a prática de semeadura direta, bem como de *topsoil* para transposição, o objetivo geral deste trabalho foi levantar informações básicas preliminares sobre o potencial de germinação de sementes de 07 espécies subarbustivas e arbustivas nativas para subsidiar a produção de mudas em viveiro e aplicação em práticas para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos no contexto regional. O objetivo específico foi levantar informações sobre as características das sementes de espécies coletadas, tais como procedimentos para beneficiamento, dificuldades para germinação (dormência, época de semeadura), tolerância ao armazenamento e tempo para a germinação/ emergência de plântulas em viveiro. Alguns resultados comparativos de germinação em viveiro e em laboratório para sementes armazenadas e semeadas em épocas distintas são apresentados em caráter preliminar.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Seleção, coleta de sementes e identificação de espécies

A seleção de espécies e coleta de sementes para a montagem dos experimentos do presente estudo foi realizada durante os trabalhos de campo nas margens de corpos hídricos na planície de inundação do Alto Paraná (conforme descrito no item 2.2 do capítulo 2), sendo que como critérios de seleção foram

priorizadas espécies nativas de hábitos subarbustivo e arbustivo, leguminosas ou outras espécies comuns sujeitas a grande influência fluvial nas margens dos corpos hídricos, bem como facilidade para obtenção de sementes (ocorrência, maturação e logística). A relação das espécies, que inclui 02 espécies subarbustivas e 05 arbustivas está apresentada no **Tabela 8**.

Tabela 8 - Apresentação das 07 espécies nativas em ordem alfabética por família. (S = subarbustiva, B = arbustiva)

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VERNÁCULO
Fabaceae		
B1	*Aeschynomene sensitiva* Sw.	corticeira
B2	*Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.*	espinheiro
B3	*Senna alata* (L.) Roxb.	candelabro
B4	*Sesbania virgata* (Cav.) Pers.	angiquinho
Malvaceae		
S1	*Hibiscus sororius* L.	malva-do-brejo
Onagraceae		
S2	*Ludwigia* sp.	cruz-de-malta
Rubiaceae		
B6	*Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.	sarã, sarandi colorado

3.2.2 Local dos experimentos e atividades realizadas

As atividades foram realizadas parcialmente no Viveiro de Mudas do Horto Florestal da CESP de Primavera (Rosana-SP), e parcialmente no Laboratório do Núcleo de Pesquisa em Sementes do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (São Paulo-SP), entre os anos de 2009, 2010 e 2011, conforme a disponibilidade de sementes de cada espécie nos locais de coleta. Uma descrição geral e sucinta sobre o clima regional foi apresentada no item 2.2 do capítulo 2 e os dados de temperatura nos dias que se sucederam os testes realizados por espécie nos anos de 2009 a 2011 foram apresentados no Anexo A.

O viveiro de mudas onde foi feita a semeadura está situado na mesma região onde as espécies ocorrem naturalmente, sujeito a temperaturas elevadas no verão devido aos climas Aw (savana tropical), com temperatura média do mês mais frio superior a 18ºC (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA, 2013) e Cwa (mesotérmico úmido), que se

caracteriza por verões quentes e invernos secos, sendo a temperatura do mês mais frio inferior a 18ºC e a do mês mais quente superior a 22ºC (FIETZ; FISCH 2008).

Após a coleta das sementes foram adotados os seguintes procedimentos:

a) Beneficiamento (em viveiro);
b) Pesagem: com uso de balança de precisão (em laboratório e viveiro);
c) Avaliação do teor de água (em laboratório);
d) Teste de germinação (em laboratório);
e) Embalamento: (em sacos plásticos) e acondicionamento (em tamboretes) (em viveiro);
f) Armazenamento: em câmara fria a 4-5°C, umidade 90% (em viveiro);
g) Preparo de substrato: com uso de substrato comercial (constituído por vermiculita, carvão vegetal, casca de *Pinus spp* moída) enriquecido com nutrientes (nitrato de amônio e nitrato de cálcio) (em viveiro);
h) Tratamentos pré-germinativos: em alguns casos, para superação de dormência (em viveiro);
i) Semeadura: em canteiros com tela do tipo sombrite (50% de filtragem de luz), em tubetes de polipropileno de 53 cm^3 (CARNEIRO, 1995) (em viveiro);
j) Irrigação: sistema automático de microaspersores mantendo-se o substrato sempre úmido (em viveiro);
k) Adubação de cobertura: complementação de adubação mineral com solução nutritiva constituída principalmente de fósforo e potássio (para cada 1 m^3 de substrato foram adicionados 1 kg de superfosfato simples (00 – 18 – 00), 700g de sulfato de amônia, 150 g de cloreto de potássio e 150 g de FTE BR9® (em viveiro);
l) Controle de pragas: aplicação de herbicidas, fungicidas, inseticidas e outros, somente quando estritamente necessário (em viveiro);
m) Repicagem: quando necessário, como no caso de *Ludwigia sp* e *Cephalanthus glabratus* e em casos de contaminação, com remoção de plântulas de outras espécies (em viveiro).

3.2.3 Delineamento amostral, coleta e analise de dados

As datas para semeadura e coleta de sementes (entre 2007 e 2011) não puderam ser pré-determinadas, variando conforme a disponibilidade destas, assim como de apoio logístico para realização de trabalhos de campo nas margens dos corpos hídricos da região juntamente com outras campanhas (vide capítulo 2). As espécies foram sucintamente descritas quanto ao procedimento de beneficiamento,

tipo de fruto e semente e avaliadas quanto à existência de dormência tegumentar e necessidade ou não de tratamento pré-germinativo.

Para os testes de germinação (caracterização inicial e após armazenamento) foram utilizadas 25 sementes (2,0 g para *Ludwigia sp1*) com 4 repetições em condições controladas de laboratório, em sala de germinação com fotoperíodo de luz branca contínua e temperatura de 25°C, sobre papel de filtro em recipientes do tipo gerbox, sendo consideradas germinadas plântulas cuja radícula protraíram 1,0 cm formaram plântulas vigorosas. Os procedimentos para montagem do experimento, monitoramento e caracterização do vigor das plântulas foram baseados nos critérios preconizados pelas Regras de Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 1992; 2009).

O tempo de armazenamento variou de 0 a 34 meses, a realização de semeaduras em viveiro variou conforme a espécie, disponibilidade de insumos e espaço em canteiros, além de logística para viagens de São Paulo a Primavera. Entretanto, sempre que possível procurou-se realizá-las em dois períodos sazonalmente distintos, na primavera-verão e no outono-inverno.

Para a semeadura em viveiro o delineamento experimental foi em blocos casualizados. Foram utilizadas por teste 5 repetições de 176 sementes (5 bandejas de 176 tubetes, com uma semente em cada um). No caso das sementes de *Ludwigia sp1*, a quantidade adotada foi de 0,1 g por tubete, aproximadamente, devido às dimensões reduzidas das sementes. No caso de *Cephalanthus glabratus*, cuja semente é múltipla, a quantidade extra de plântulas emergidas em cada tubete não foi considerada na contagem. Após semeadura, procedeu-se o monitoramento da germinação em condições parcialmente controladas de viveiro, com a discriminação quanto ao tipo de germinação e quantificação do número de sementes germinadas (em laboratório) e de plântulas emergidas (em viveiro) em intervalo de 2 dias. A germinação das sementes em viveiro (tubetes) foi considerada a partir da emergência de plântulas, com o lançamento do primeiro par de folhas.

O percentual de germinação, calculado por meio da emergência de plântulas (em viveiro) e protrusão da radícula (em laboratório), foi calculado para intervalos semanais, quinzenais ou mensais (percentual por período), conforme o tempo requerido para monitoramento de cada espécie e respectivo lote analisado, obtendo-se ao final o total de germinação (percentual acumulado). Em seguida procedeu-se o

cálculo da velocidade de germinação por meio do Índice de Velocidade de Germinação - IVG (MAGUIRE, 1962 apud VIEIRA 1994) a partir dos resultados de emergência de plântulas para amostras de lotes semeados em épocas distintas e armazenados por períodos distintos em câmara fria. Para facilitar a apresentação dos resultados, tanto a germinação como a emergência de plântulas foram consideradas como germinação nos gráficos e tabelas.

As análises estatísticas basearam-se nas médias das repetições de cada parcela, aplicando-se a análise de variância (teste F). Os valores obtidos em porcentagem de germinação, foram transformados em arco seno e a comparação entre as médias foi feita pelo teste de Tukey ao nível de significância de 1%.

3.3 Resultados e Discussão

	Fabaceae
a) *Aeschynomene sensitiva* Sw.	

Nos trabalhos de campo *Aeschynomene sensitiva* foi observada quase sempre com frutos. Apresentou frutos do tipo legume indeiscente e sementes do tipo ortodoxa. Seu beneficiamento foi feito por meio de secagem do fruto ao sol, rompimento da casca do lomento com uso de marreta e passagem das sementes por peneira. Foi observada germinação do tipo epígea (**Figura 38A**). Vide descrição taxonômica em LIMA et al. (2006).

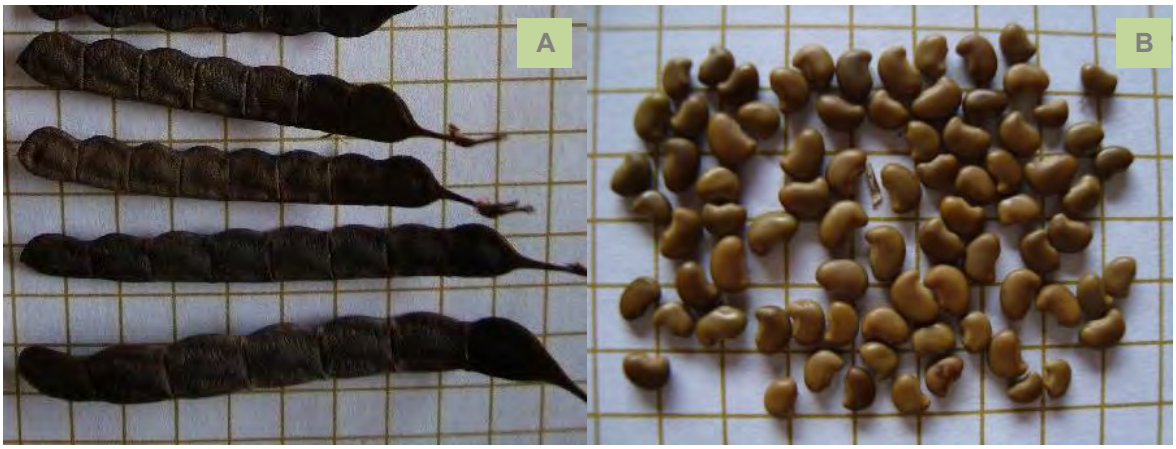

Figura 38 – *Aeschynomene sensitiva* Sw. (A): Legume indeiscente; (B): Sementes ortodoxas (Foto: HIROSE, A.)

Na caracterização das sementes em condições controladas de laboratório, a germinação acumulada obtida nos testes de germinação para sementes procedentes das margens do rio Bahia e rio Ivinheima alcançou valores elevados, 93,3% e 87%, respectivamente. O mesmo foi observado para a germinação por período, alcançando 75% já nos primeiros 7 dias em ambos os sítios. Em teste com outro lote (rio Verde) o percentual de germinação acumulada também foi elevado (92,5%) (**Tabela 9**). Em todos eles não foi verificada interferência do teor de água, apesar da diferença nos valores, que pode estar relacionada com a proporção em relação ao tamanho das sementes, um pouco menores no lote proveniente das margens do rio Bahia, mas que apresentaram aspecto sadio (**Tabela 9**).

Pelos resultados de germinação em condições controladas, não foi detectada dormência tegumentar e/ou fisiológica nas sementes, verificando-se ser desnecessária a aplicação de tratamentos pré-germinativos.

Tabela 9 – Resultados do teste de germinação de *Aeschynomene sensitiva* em condições controladas de laboratório para caracterização inicial* e após 18 e 19 meses de armazenamento** das sementes

Local de Coleta	Data de Coleta	Teor água (%)	Germinação (%)	
			Esc.	Não-esc
Rio Bahia	15/10/10	3,40*	-	93,3
Riio Ivinheima	10/12/08	10,91**	-	87,0
Rio Verde	12/11/08	11,162**	-	92,5

Em viveiro a espécie apresentou elevados percentuais médios de germinação acumulada (A: 98,33%; B: 89,55%). A análise de variância apontou diferença significativa entre os resultados de germinação acumulada, sendo que o teste de Tukey apontou diferença entre as médias (**Tabela 10**).

Tabela 10 - Percentuais de germinação em viveiro observados para *Aeschynomene sensitiva.* Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,01).

	Local de Coleta	Data de Coleta	Data de Plantio	Armaze-namento (meses)	Percentuais de germinação acumulada (%)					
					Resultados por parcela					Média
A	rio Bahia	15/10/10	19/10/11	12	98,86	98,30	99,43	97,92	97,16	98,33a
B	rio Ivinheima	10/12/08	28/04/11	28	89,77	89,20	88,07	86,36	94,32	89,55b

Apesar dos percentuais elevados de germinação acumulada observados para semeaduras realizadas entre outubro e abril, é importante destacar algumas diferenças na germinação por período, pois, a velocidade de germinação foi maior para as semeaduras realizadas nos meses mais quentes (IVG=21,63). A figura a seguir exemplifica um dos casos no gráfico A, com mais de 70% de germinação já na primeira semana, enquanto que no gráfico B (final de abril) foi mais lenta (IVG=8,79), distribuindo-se em duas semanas (**Figura 39**).

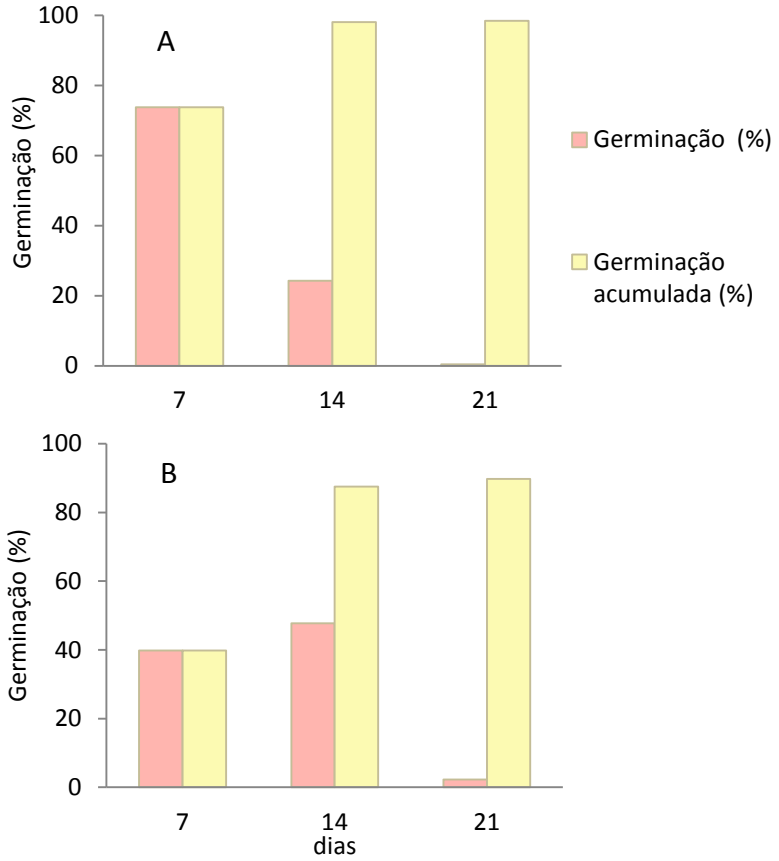

Figura 39 – Germinação de sementes de *Aeschynomene sensitiva* Sw. (A): coletadas na várzea do rio Bahia em 15/10/10 semeadas em 19/10/11; (B) coletadas nas margens do rio Ivinheima em 10/12/08 e semeadas em 28/04/11

Os percentuais elevados de germinação por período e a velocidade de germinação demonstraram que as sementes não foram afetadas por dormência tegumentar e/ou fisiológica, assim como boa tolerância ao armazenamento por 12 e 28 meses.

Comportamentos similares quanto à concentração da germinação na primeira semana, para semeaduras realizadas em períodos mais quentes do ano, foram observados também para *Sesbania virgata, Mimosa pellita* e *Senna alata,* porém em proporções menores quanto ao percentual de germinação, como apresentado nos demais itens deste capítulo.

Para a produção de mudas em escala de viveiro, tratamentos pré-germinativos aparentemente não são necessários para esta espécie, mas podem depender de alguns fatores condicionantes, como clima favorável, disponibilidade de água e nutrientes, recomendando-se que a semeadura seja realizada em meses mais quentes do ano.

Propõe-se a realização de testes em condições controladas de laboratório para a definição da amplitude de temperaturas mais adequadas para semeadura.

Fabaceae

b) *Mimosa pellita* Humb. & Bonpl. ex Willd.

Nos trabalhos de campo *Mimosa pellita* foi observada quase sempre com frutos, aparentando produzi-lo o ano todo. Apresentou frutos do tipo legume indeiscente, segmentado, com tricomas de coloração marrom e semente do tipo ortodoxa, de consistência rígida. Seu beneficiamento foi feito por meio de secagem do fruto ao sol, rompimento da casca do lomento com uso de marreta e passagem das sementes por peneira. Foi observada germinação do tipo epígea (**Figura 40**).

Figura 40 – *Mimosa pellita* Humb. & Bonpl. ex Willd. (A): Legume indeiscente segmentado recoberto por tricomas; (B): Semente ortodoxa (Foto: HIROSE, A.)

Em laboratório, a germinação obtida nos testes de germinação para a caracterização das sementes, correspondentes aos mesmos lotes testados em viveiro (ilhotas em Panorama e ilhotas em Presidente Epitácio), alcançou 48 e 50% nos primeiros 7 dias, sendo que mesmo após 28 dias não ultrapassou 53 e 55% (**Tabela 11**).

Tabela 11 – Resultados do teste de germinação de *Mimosa pellita* em condições controladas de laboratório para caracterização inicial* e após 17 meses de armazenamento** das sementes

Local de Coleta	Data de Coleta	Teor água (%)	Germinação (%)	
			Esc.	Não-esc
Ilhotas Panorama	29/01/09	4,47**	97,00	53,0
Ilhotas Epitácio	10/01/10	7,75*	100,00	55,0

Entretanto, após escarificação mecânica, quase todas as sementes germinaram, detectando-se a existência de dormência tegumentar. Para ambos não foi detectada interferência do teor de água, pois, apesar do menor percentual nas sementes provenientes de ilhotas em Panorama, os percentuais de germinação foram muito próximos em comparação com os das ilhotas em Epitácio (**Tabela 11**).

Em viveiro, *Mimosa pellita* apresentou percentuais medianos de germinação acumulada, alcançando em média 51,6% (A) e 63,8% (B). Para sementes provenientes do mesmo sítio, coletadas na mesma data e semeadas na mesma época, verificou-se que os resultados de germinação não estiveram relacionados com períodos distintos de armazenamento (10 e 33 meses). A análise de variância

não apontou diferença significativa entre os resultados de germinação acumulada para A e B, assim como o teste de Tukey não apontou diferença entre as médias (**Tabela 12**). Em outro teste (C) com sementes do mesmo lote escarificadas mecanicamente, o percentual de germinação acumulada foi bem elevado, atingindo 82,4% já nos primeiros 03 dias após a semeadura, mesmo 24 meses após coleta, indicando a existência de dormência tegumentar, sendo outro indicativo de que as sementes da espécie são tolerantes ao armazenamento.

Tabela 12 - Percentuais de germinação em viveiro observados para *Mimosa pellita* Humb. & Bonpl. ex Willd. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,01)

	Local de Coleta	Data de Coleta	Data de Plantio	Armaze-namento (meses)	Percentuais de germinação acumulada (%)							
					Resultados por parcela							Média
A	Ilhotas Panorama	29/01/09	18/11/09	10	35,8	33,5	43,2	54,0	62,5	67,0	65,3	51,6a
B	Ilhotas Panorama	29/01/09	20/10/11	33	52,8	71,0	67,0	64,2	63,1	64,8	63,6	63,8a
C	Ilhotas Panorama	29/01/09	27/01/11 (escarificadas)	24	81,1	83,5	-	-	-	-	-	82,4b

Apesar dos percentuais de germinação acumulada das sementes terem atingido valores medianos sem escarificação, a rigidez de seu tegumento pode ser vista como uma vantagem, uma vez que reduz a perda d'água durante o armazenamento, contribuindo para que as sementes mantenham seu teor de água por mais tempo, e, consequentemente boa tolerância ao armazenamento. A **Figura 41** mostra que, tanto em “A” como em “B”, as germinações se concentraram praticamente na primeira semana após a semeadura, sendo que a velocidade em “B” (IVG=14,54) foi ligeiramente maior que em “A” (IVG=12,98).

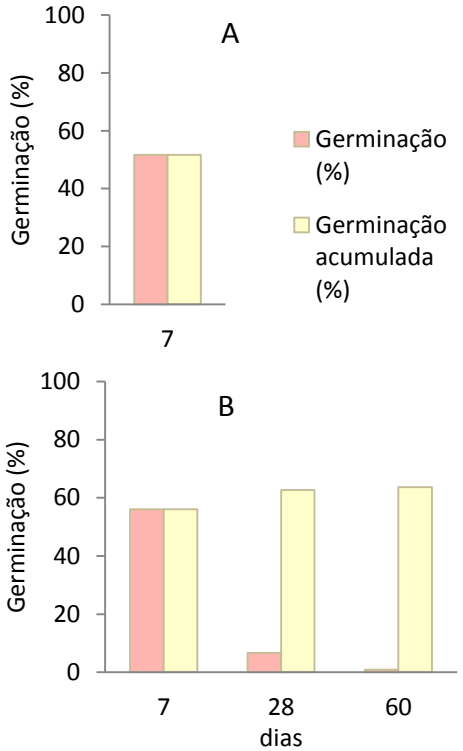

Figura 41 – Germinação de sementes de *Mimosa pellita* coletadas em ilhotas em Panorama-SP (29/01/09) e semeadas em 18/11/09 (A), e 20/10/11(B)

A ocorrência de *M. pellita* na natureza aparentemente não é afetada pela dormência, tendo sido observada com frequência nas margens de corpos hídricos, principalmente nas várzeas, tolerando diferentes condições hídricas (capítulos 2 e 4). Yule et al. (2009) associam seu sucesso germinativo à eficiência na estratégia de flutuação para a dispersão dos fragmentos do lomento para alcançar ambiente livre de inundação, e cuja ocorrência considerada abundante é citada por Pott e Pott (1994) pela formação de espinheirais no Pantanal. Os resultados indicaram que a ausência de tratamentos pré-germinativos para a quebra de dormência tegumentar tende a causar irregularidade ou limitar a quantidade total de sementes germinadas. Apesar de esta espécie ter demonstrado vantagens em relação à tolerância a longos períodos de armazenamento, a aplicação de tratamentos pré-germinativos pode ser uma necessidade, considerando-se o potencial demonstrado para produção de mudas desta espécie em escala maior de viveiro, ou mesmo para semeadura direta. Para a determinação do período do ano mais apropriado para a realização de semeadura em viveiro, recomenda-se a realização de testes de germinação em diferentes temperaturas para definição da amplitude de temperaturas mais adequadas para semeadura.

	Fabaceae
c) *Senna alata* (L.) Roxb.	

Nos trabalhos de campo *Senna alata* foi observada quase sempre com frutos, aparentando produzi-lo o ano todo. Apresentou fruto quadrangular, alado, do tipo legume deiscente e semente do tipo ortodoxa, com consistência bastante rígida. Seu beneficiamento foi feito por meio de secagem do fruto ao sol e passagem das sementes por peneira. Foi observada germinação do tipo epígea (**Figura 42**).

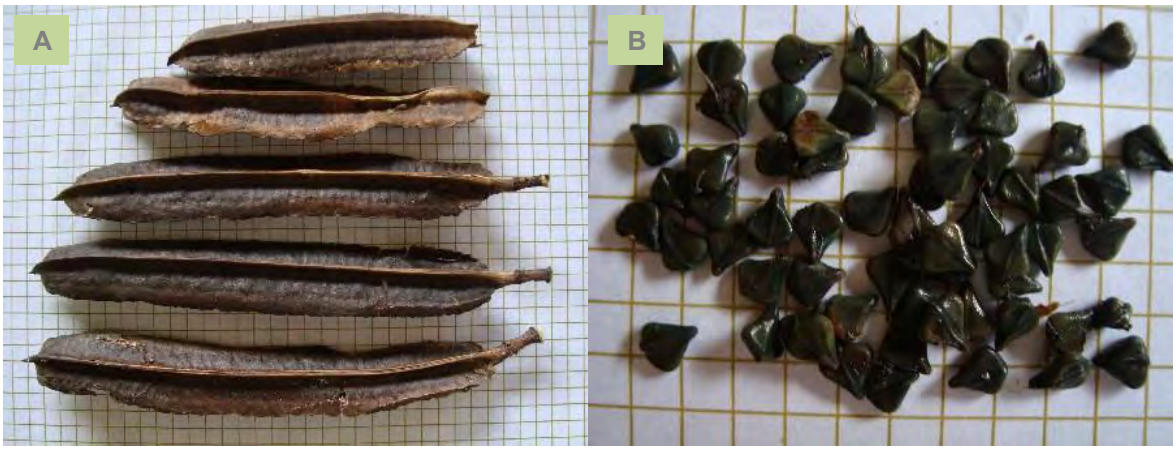

Figura 42 – *Senna alata* (L.) Roxb. (A): Legume indeiscente (B): Semente ortodoxa (Foto: HIROSE, A.)

Em laboratório, os resultados do teste de germinação de sementes não escarificadas foi irregular. Nas sementes procedentes das margens de ilhotas próximas a Panorama, obteve-se 40% de embebição e germinação, enquanto nas sementes procedentes do rio Paranapanema, obteve-se apenas 10% de embebição e 5% de germinação nos primeiros 7 dias, alcançando apenas 7,5% após 21 dias. A partir desse período, as sementes que não embeberam e não germinaram, e que foram muito atacadas por fungos foram gradativamente descartadas, não permanecendo mais que 30 dias. (**Tabela 13**).

Por outro lado, para sementes escarificadas, os percentuais de germinação foram elevados, alcançando 95% mesmo após 28 meses de armazenamento, ou seja, não diferindo do percentual obtido para sementes recém-coletadas, indicando existência de dormência tegumentar, ao mesmo tempo que as sementes da espécie são tolerantes ao armazenamento (**Tabela 13**).

Tabela 13 – Resultados do teste de germinação de *Senna alata* em condições controladas de laboratório para caracterização inicial* e após 28 meses de armazenamento** das sementes

Local de Coleta	Data de Coleta	Teor água (%)	Germinação (%)	
			Não-esc	Esc.
ilhotas Panorama	11/3/08	8,44**	40,0	95,0
rio Paranapanema	11/2/10	11,91*	7,5	98,0

Em viveiro os percentuais de germinação acumulada para *Senna alata* foram baixos, alcançando em média 23,41% (A) e 39,2% (B). A análise de variância indicou diferença significativa entre os percentuais de germinação acumulada e o teste de Tukey apontou diferença entre as médias A e B (**Tabela 14**). Em outro teste (C) com sementes procedentes de indivíduos das margens do rio Paranapanema escarificadas mecanicamente, o percentual de germinação acumulada foi bem maior, atingindo 93,5% já nos primeiros 3 dias após a semeadura, confirmando os efeitos positivos da escarificação mecânica (**Tabela 14**).

Tabela 14 - Percentuais de germinação em viveiro observados para *Senna alata* (L.) Roxb. sp. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,01). (esc = escarificada; ñ-esc = não escarificada)

	Local de Coleta	Data de Coleta	Data de Plantio	Armaze-namento (meses)	Trata-mento	Percentuais de germinação acumulada (%)					
						Resultados por parcela					Média
A	ilhotas Panorama	11/3/08	29/06/09	15	ñ-esc.	15,34	21,02	22,73	33,52	24,43	23,41a
B	rio Paranapanema	11/2/10	20/10/11	20	ñ-esc.	46,59	44,9	39,8	30,7	34,1	39,20b
C	rio Paranapanema	11/2/10	27/01/11	11,5	esc.	95,5	91,5	-	-	-	93,50

Os resultados de germinação não demonstraram relação com os períodos de armazenamento e indicaram que as sementes de *Senna alata* possui boa tolerância ao armazenamento, que condiz com a rigidez de seu tegumento, pois, possibilita reduzir a perda de água por dessecação. Ao mesmo tempo, a impermeabilidade de seu tegumento, por outro parece requerer tratamentos para a quebra de dormência anteriormente à semeadura.

Verificou-se que o percentual de germinação por período e a velocidade de germinação de sementes não escarificadas para a semeadura realizada em outubro

(B) (IVG=8,64) foram mais altos se comparados com a semeadura realizada em junho (A) (IVG=1,75). Observou-se também que em “B” a germinação se concentrou na primeira semana após a semeadura, e em “A”, a germinação foi irregular e se estendeu por 150 dias durante monitoramento de 02 meses (**Figura 43**).

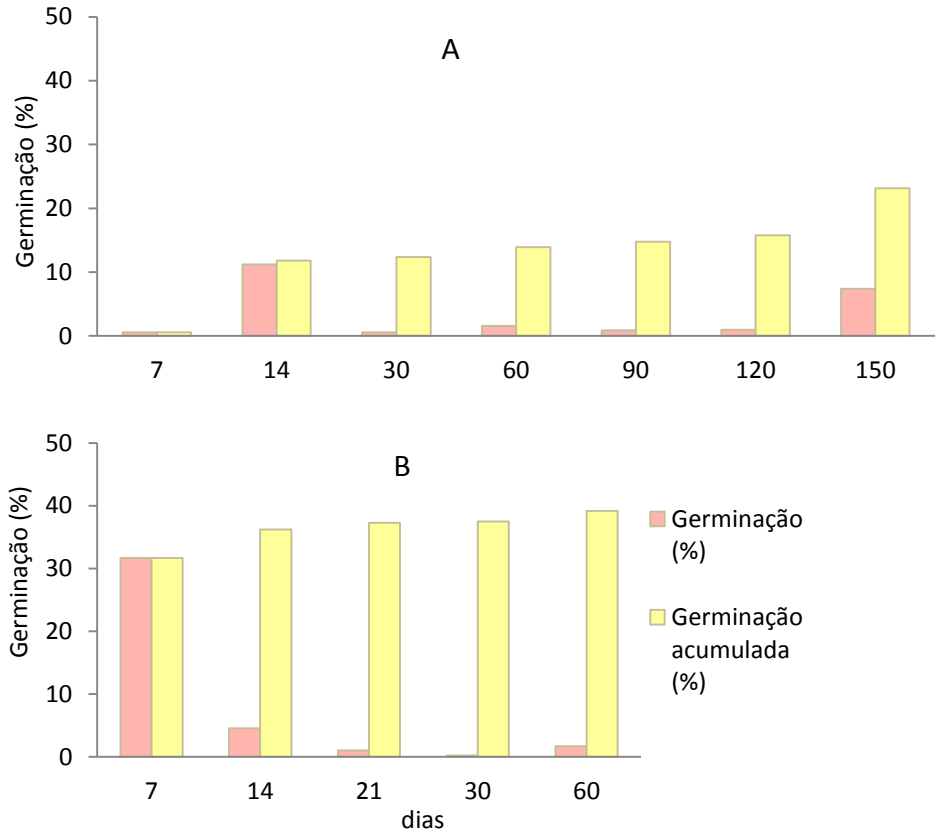

Figura 43 – Germinação de sementes de *Senna alata*: (A), semeadas em 29/06/09 (coletadas em 11/03/08 em ilhotas em Panorama-SP); (B) semeadas em 20/10/11 (coletadas em 11/02/10 nas margens do rio Paranapanema)

Fabaceae

d) *Sesbania virgata* (Cav.) Pers.

Nos trabalhos de campo *Sesbania virgata* foi observada quase sempre com frutos, aparentando produzi-lo o ano todo. Apresentou fruto tetrágono, do tipo legume indeiscente e semente ortodoxa. Seu beneficiamento foi feito por meio de secagem do fruto ao sol, quebra da casca com uso de marreta e passagem das sementes por peneira. Foi observada germinação epígea. (**Figura 44**).

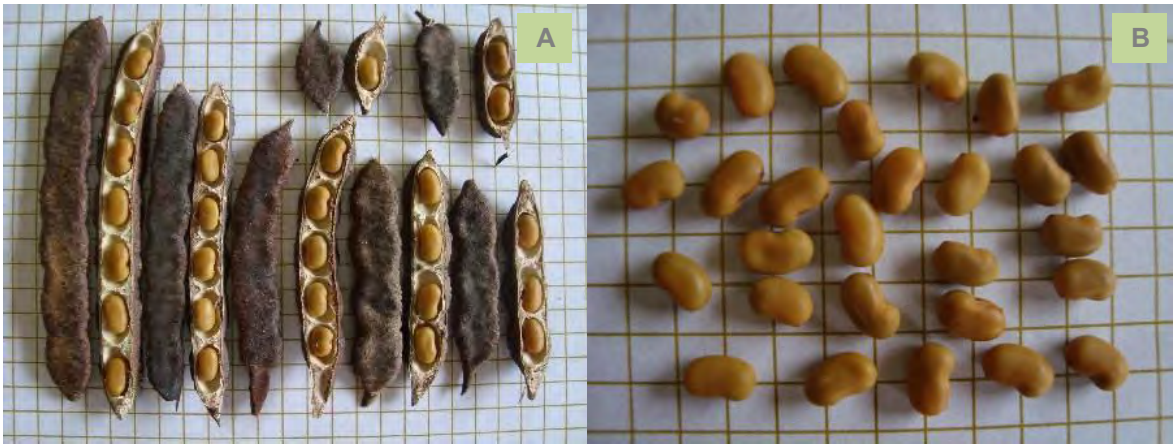

Figura 44 – *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (A): Legume indeiscente (B): Semente ortodoxa (Foto: HIROSE, A.)

Para a caracterização das sementes em laboratório, o resultado do teste de germinação de sementes procedentes de ilhas em Epitácio foi consideravelmente baixo, alcançando apenas 10% de embebição e 5% de germinação nos primeiros 7 dias, e 7,5% após 21 dias, enquanto que num outro teste comparativo de sementes procedentes de ilhota no rio Paraná (ilha Aurora), o resultado de germinação foi insignificante (0,025 %) (**Tabela 15**). Após escarificação mecânica, entretanto, quase todas germinaram em ambos, detectando-se a existência de dormência tegumentar, sendo que os teores de água assumiram valores muito próximos entre si e não interferiram nos resultados (**Tabela 15**).

Tabela 15 – Resultados do teste de germinação de *Sesbania virgata* em condições controladas de laboratório para caracterização inicial* e após 19 meses de armazenamento** das sementes

Local de Coleta	Data de Coleta	Teor água (%)	Germinação (%)	
			Esc.	Não-esc
ilhotas Epitácio	15/12/08	8,89**	100,0	7,50
Ilha Aurora	08/04/10	8,30*	95,0	0,025

Para *Sesbania virgata* os resultados de germinação foram elevados (A: 91,48%; B: 83,70%; C: 88,42%), embora a análise de variância tenha apontado diferença significativa entre as médias de germinação por parcela, assim como o teste de Tukey, comparando-se as médias de germinação acumulada (**Tabela 16**).

Tabela 16 - Percentuais de germinação em viveiro observados para *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,01)

	Local de Coleta	Data de Coleta	Data de Plantio	Arma-zena-mento (meses)	Percentuais de germinação acumulada (%)							
					Resultados por parcela							Média
A	ilhotas Epitácio	15/12/08	4/3/09	2,5	94,32	90,34	92,05	92,61	95,45	84,66	90,91	91,48a
B	ilhotas Epitácio	15/12/08	3/12/09	12	84,06	81,22	82,92	87,47	84,06	90,87	80,65	83,70b
C	ilhotas Epitácio	15/12/08	28/4/11	28,3	92,61	89,20	87,50	91,48	88,64	80,68	88,07	88,42ab

Cruzando-se as informações de datas de semeadura com os resultados dos percentuais médios de germinação acumulada, nota-se uma contradição aparente, uma vez que os maiores correspondem às semeaduras realizadas no período frio. Entretanto, a análise da germinação por período e a velocidade de germinação revelam que o melhor resultado ocorreu no período mais quente (teste B), onde a velocidade de germinação foi maior (IVG = 17,5). Em seguida foi o de março (teste A: IVG = 15,9), e por último a de abril (teste C: IVG = 12,9). Na semeadura de dezembro, o percentual de germinação foi bem maior na primeira semana, em comparação à segunda, enquanto que na semeadura realizada em março ocorreu o inverso. Na de abril foi inferior nas duas primeiras semanas, estendendo-se até a terceira e quarta semana (**Figura 45**). Embora a germinação acumulada tenha sido maior em A, o melhor resultado considerou a as que germinaram mais rapidamente em B, seguidas por A, e por último C.

Comparando-se os resultados com as temperaturas que se sobrepuseram durante no mesmo período, conforme apresentado no Anexo A. As temperaturas médias, mínimas e máximas que se sobrepuseram ao período de monitoramento nos primeiros 7 dias para A foram as maiores, com média 29,7ºC (24,0ºC e 36,0ºC). Em seguida vem B com temperatura média 26,0ºC (20,0ºC e 31,1ºC). Por último, em C, a temperatura média foi 19,5ºC (12,2ºC e 26,0ºC). Na segunda semana, a temperatura em A atingiu média de 26,7ºC (20,5ºC e 32,5ºC), em B a média foi 31,5ºC (20,0ºC e 25,5ºC). Por fim, para C a média foi 22,7ºC (14,5ºC e 31,4ºC) (**Figura 45**).

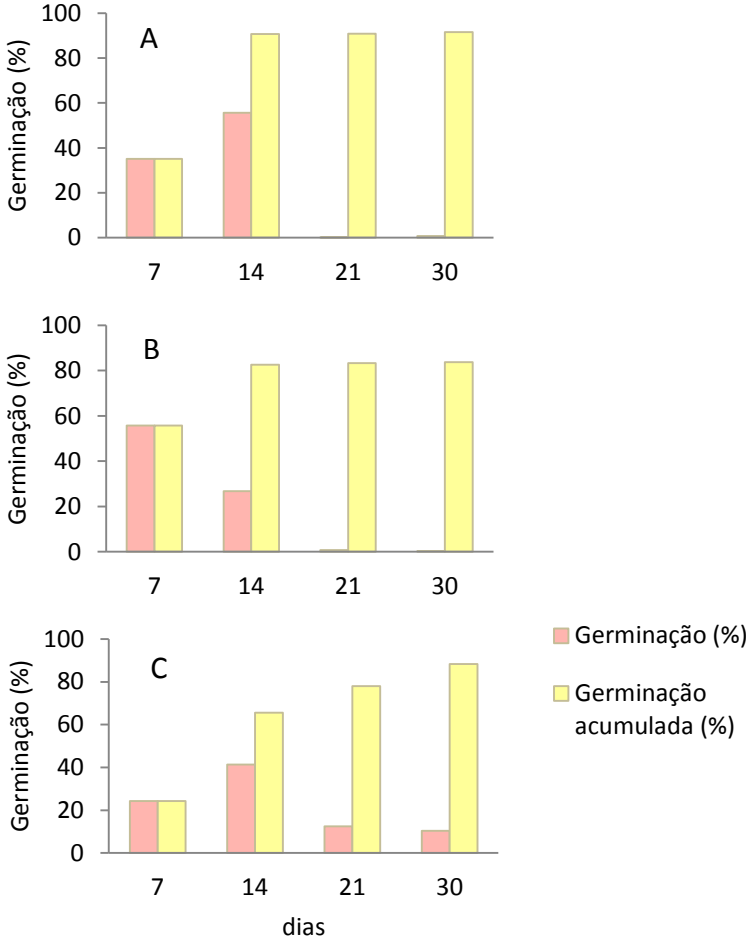

Figura 45 – Germinação de sementes de *Sesbania virgata* coletadas em 15/12/08 em ilhotas em Presidente Epitácio-SP e semeadas em: (A) 04/03/09 (B) 03/12/09; (C) 28/04/11

O maior tempo para germinação em meses mais frios é indicativo da importância da temperatura no processo de germinação desta espécie. Entretanto, além da temperatura, outros fatores em conjunto contribuíram para os resultados, como dormência tegumentar, já que as sementes não foram escarificadas. A espécie demonstrou boa tolerância ao armazenamento por 28 meses. A necessidade ou não de tratamento pré-germinativo para quebra de dormência requer maior esclarecimento, uma vez que os resultados obtidos em viveiro para sementes não escarificadas foram muito superiores aos de laboratório. Para a produção de mudas em escala de viveiro, recomenda-se a realização de testes em condições controladas de laboratório para definição da amplitude de temperaturas mais adequadas para semeadura, além de estudos sobre quebra de dormência.

Malvaceae

e) *Hibiscus sororius L. f.*

Nos trabalhos de campo *Hibiscus sororius* foi observada com frutos nos meses de setembro, outubro e dezembro. Apresentou fruto seco do tipo cápsula deiscente e sementes do tipo ortodoxas, bastante rígidas. Seu beneficiamento foi feito por meio de secagem do fruto ao sol, passagem das sementes por peneira e uso de ventilador, evitando-se contato direto com a pele e proteção do rosto e da visão com uso de máscara e óculos, devido à liberação de tricomas causadores de irritação. Foi observada germinação do tipo epígea (**Figura 46**).

Figura 46 – *Hibiscus sororius* L. f. (A): Legume indeiscente; (B): Sementes ortodoxas (Foto: HIROSE, A.)

Em laboratório, os resultados do teste de germinação para caracterização inicial das sementes do lote procedente do rio Ivinheima foi de 30% de embebição, procedido de apenas 2,5% de germinação nos primeiros 7 dias, permanecendo o mesmo percentual após 21 dias (**Tabela 17**). A partir desse período, as sementes foram perdendo vigor e iniciaram processo de deterioração, sendo gradativamente descartadas devido ao ataque de fungos, não permanecendo mais que 30 dias.

Tabela 17 – Resultados do teste de germinação de *Hibiscus sororius* em condições controladas de laboratório para caracterização inicial* e após 19 meses de armazenamento** das sementes

Local de Coleta	Data de Coleta	Teor água (%)	Germinação (%)	
			Não-esc	Esc.
rio Ivinheima	10/12/08	8,73**	2,5	-
reservatório P.P.	08/04/10	9,57*	5,0	-

Em outro teste realizado com lote procedente da margem esquerda do reservatório de Porto Primavera em Rosana-SP, o percentual também foi muito pequeno, chegando a ocorrer 30% de embebição das sementes, mas apenas 5% de germinação, com gradativa deterioração das demais (**Tabela 17**).

Em viveiro os resultados dos percentuais de germinação acumulada para *Hibiscus sororius* foram baixos (A: 30,11%; B: 8,37%). A análise de variância apontou diferença entre os resultados, e o teste de Tukey apontou diferença entre as médias (**Tabela 18**).

Tabela 18 – Percentuais de germinação em viveiro observados para *Hibiscus sororius* L. f. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,01)

	Local de Coleta	Data de Coleta	Data de Plantio	Armaze-namento (meses)	Percentuais de germinação acumulada (%)							
					Resultados por parcela							Média
A	rio Ivinheima	10/12/08	19/10/11	34	21,59	47,16	55,11	19,32	16,48	22,16	28,98	30,11a
B	rio Ivinheima	10/12/08	11/03/09	3	6,82	6,25	10,80	7,95	9,66	10,23	6,82	8,37b

Verificou-se que a velocidade de germinação foi baixa, tanto para a semeadura realizada em outubro (teste A: IVG=4,04), distribuindo-se na primeira, terceira e quarta semana até o segundo mês, como para a semeadura realizada em março (teste B: IVG=1,19), que foi ainda mais baixa (**Figura 47**). Os resultados de germinação não demonstraram correspondência com as temperaturas, já que os maiores valores de germinação ocorreram onde as temperaturas médias nos primeiros 7 e 14 dias foram relativamente baixas de início de primavera, ou seja, 22,7ºC e 24,1ºC (teste A). No teste B foram, onde as temperaturas foram mais altas, de final de verão, ou seja, 27,0ºC e 26,6ºC, a germinação foi bem menor (Anexo A). Tais resultados são contraditórios, e impossibilitou a compreensão do grau de influência da temperatura na germinação acumulada, assim como na velocidade de germinação.

A combinação de um conjunto de fatores pode ter contribuído em maior ou menor grau para que se chegasse a resultados tão baixos de germinação acumulada, sendo que a dormência tegumentar pode ter sido o principal deles, devido à rigidez do tegumento, causando irregularidades no percentual de

germinação, mascarando inclusive a influência da temperatura na germinação. Entretanto, nenhum tratamento pré-germinativo pôde ser aplicado, devido à falta de informações sobre a anatomia, riscos de danificação do embrião, além da quantidade restrita de sementes sadias disponíveis.

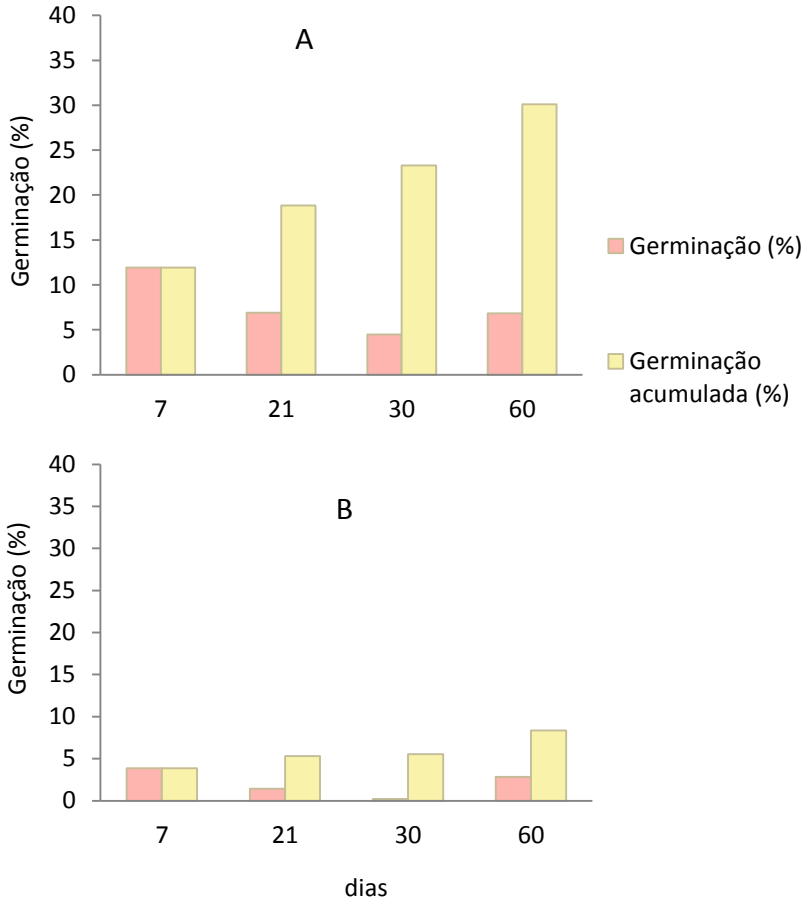

Figura 47 – Germinação de sementes de *Hibiscus sororius* coletadas nas margens do rio Ivinheima em 10/12/08, semeadas em 19/10/11 (A) e 11/03/09 (B)

O outro fator pode ter sido a danificação de um percentual de sementes por carunchos, que afetaram ou comprometeram seu vigor e/ou viabilidade. Os carunchos têm facilidade para atacar o embrião as sementes porque os frutos em cápsula se abrem e expõem as sementes após a fase de maturação, tendo sido comum encontrá-los nos lotes de sementes coletadas juntamente com os frutos.

.Anteriormente à produção de mudas desta espécie em escala de viveiro, há necessidade de maior investigação de procedimentos para quebra de dormência, que possibilite numa etapa seguinte elucidar a influência da temperatura e do potencial de armazenamento das sementes, além de cuidados na busca por matrizes menos atacadas por insetos na fase de coleta das sementes.

Onagraceae

f) *Ludwigia sp1*

Nos trabalhos de campo *Ludwigia* sp1 foi observada com frutos o ano todo, principalmente nos meses chuvosos. Apresentou fruto em cápsula indeiscente que se rompe após maturação e processo de desintegração das paredes, e sementes plurisseriadas em cada lóculo, abundantes e de tamanho muito reduzido, de tipo indeterminado. Seu beneficiamento foi feito por meio de secagem dos frutos à sombra, rompimento manual dos frutos quando bem maduros e passagem das sementes por peneira fina. (**Figura 48**).

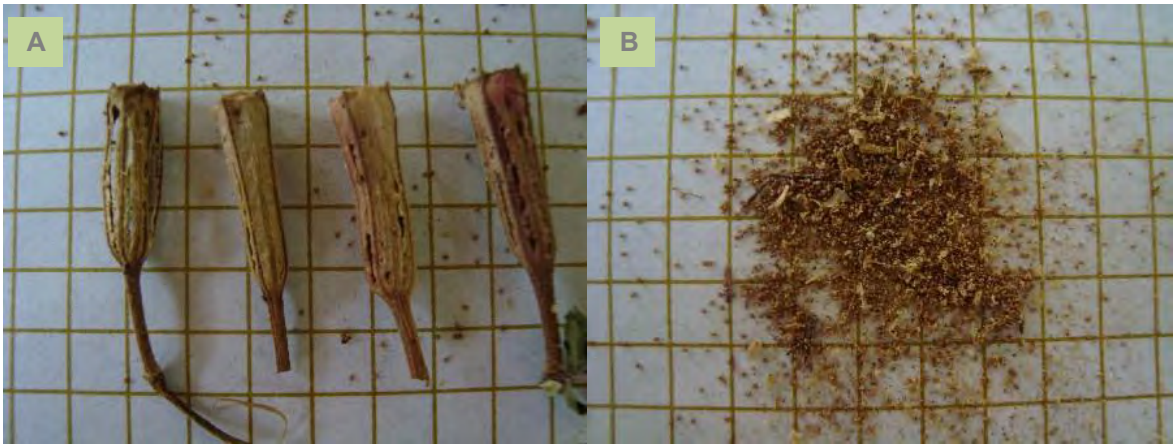

Figura 48 – *Ludwigia sp1* (A): Legume indeiscente (B): Semente ortodoxa (Foto: HIROSE, A.)

Na caracterização inicial em condições de laboratório, a germinação obtida nos testes para sementes procedentes das margens do rio Paraná foi elevada, com mais de 80% de preenchimento da base do recipiente (caixas gerbox), germinação em 7 dias, com formação de incontáveis e minúsculas plântulas, enquanto que naquelas procedentes das margens do rio Aguapeí, testadas após 17 meses de armazenamento, a germinação foi baixa (aproximadamente 10%) (**Tabela 19**).

Tabela 19 – Resultados do teste de germinação de *Ludwigia sp1* em condições controladas de laboratório para caracterização inicial* e após 17 meses de armazenamento** das sementes

Local de Coleta	Data de Coleta	Teor água (%)	Germinação (%)
rio Paraná	10/11/10*	não avaliado	elevada
rio Aguapeí	28/01/09**	não avaliado	baixa

Em viveiro *Ludwigia* sp1 apresentou percentuais elevados de germinação acumulada, alcançando 94,5% (A) e 91% (B). Os resultados obtidos para semeaduras logo após a coleta, assim como para sementes armazenadas por 09 meses foram muito próximos. A análise de variância não apontou diferença significativa entre os resultados de germinação acumulada, assim como o teste de Tukey não apontou diferença entre as médias (**Tabela 20**).

Tabela 20 - Percentuais de germinação em viveiro observados para *Ludwigia sp1.* Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,01)

	Local de Coleta	Data de Coleta	Data de Plantio	Armaze-namento (meses)	Percentuais de germinação acumulada (%)							
					Resultados por parcela							Média
A	rio Paraná	10/11/10	13/11/10	0	96,0	97,7	94,3	86,9	97,7	94,9	96,6	94,9a
B	rio Aguapeí	28/01/09	06/11/09	9	89,8	97,7	92,0	96,6	84,1	94,9	85,2	91,5a
C	rio Aguapeí	28/01/09	27/10/10	21	37,8	45,2	-	-	-	-	-	41,5

Apesar das sementes serem de tamanho muito reduzido, estas resistiram ao armazenamento por até 9 meses acondicionada da mesma forma que as demais espécies, sem alterações nos valores de germinação acumulada. Em teste com outra espécie do mesmo gênero (*Ludwigia* sp2) houve tolerância de 11 meses de armazenamento, apresentando 83,1% de germinação acumulada tendo sido semeada também em período mais quente (novembro), corroborando com os resultados do teste B. Entretanto, em teste expedito, com poucas repetições, sementes da mesma espécie (*Ludwigia* sp1) armazenadas por 21 meses, semeadas na mesma época, o percentual foi bem menor (41,5%), demonstrando limitações quanto ao tempo de armazenamento.

Em relação à velocidade de germinação, verificou-se que, para a semeadura realizada logo após a coleta, a germinação foi mais rápida (56% em 07 dias e 38% até 30 dias) (IVG=16,45), enquanto que para a semeadura realizada 09 meses após a coleta, a germinação foi mais lenta (34% em 07 dias, 47% até 30 dias e 10% em 60 dias) (IVG=11,57). As temperaturas quase não variaram, alcançando média de 24,0ºC e 26,5ºC em A, e 28,0ºC e 27,3ºC em B nos primeiros 7 e 30 dias, respectivamente (**Figura 49**).

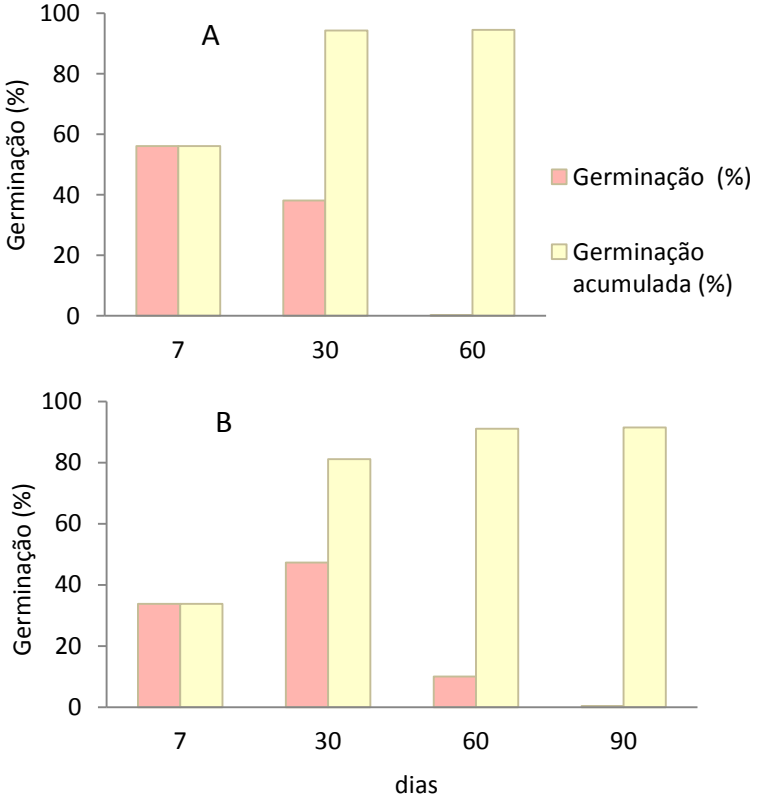

Figura 49 – Germinação de sementes de *Ludwigia* sp1 (A) - coletadas em 10/11/10 a Jusante da Usina de Porto Primavera e semeadas em 13/11/10; (B): coletadas em 28/01/09 Aguapeí e semeadas em 06/11/09

Assim, apesar das sementes armazenadas por 9 meses terem apresentado germinação acumulada elevada, a redução na velocidade de germinação parece indicar que quanto mais cedo a semeadura puder ser realizada após a coleta, mais viáveis estarão as sementes, e, portanto com maiores chances de germinar rapidamente e desenvolver plântulas mais vigorosas. E, embora a germinação acumulada de *Ludwigia* sp1 tenha sido elevada, os percentuais observados quanto à velocidade de germinação, podem estar indicando a necessidade de maior tempo de desenvolvimento, já que o tamanho de suas sementes é demasiadamente pequeno.

Considerando-se os resultados obtidos e o tipo de semente observada, a produção de mudas desta espécie em viveiro não seria adequada, recomendando-se que a semeadura seja realizada com sementes recém-coletadas diretamente nos locais de plantio em meses mais quentes em solos saturados. Propõe-se a realização de testes em condições controladas de laboratório para a compreensão quanto à amplitude de temperaturas mais adequadas para semeadura, uma vez que não foram realizados testes durante a estação mais fria para esta espécie.

	Rubiaceae
g) *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.	

Nos trabalhos de campo *Cephalanthus glabratus* foi observada com frutos nos meses de outubro a fevereiro. Apresentou fruto em infrutescência globulosa, que reúne e sustenta as sementes em seu eixo central. As sementes são secas, rígidas, do tipo ortodoxas. Seu beneficiamento foi feito por meio de debulhagem dos frutos, passagem das sementes por peneira e uso de ventilador. Foi observada germinação do tipo epígea (**Figura 50**). Vide descrição taxonômica em Pereira (2007).

Figura 50 – *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum. (A): Infrutescências (B): Sementes ortodoxas (Foto: HIROSE, A.)

Nos testes de germinação em condições controladas de laboratório a germinação acumulada das sementes após armazenamento alcançou valores baixos, de apenas 5% de germinação nos primeiros 7 dias para sementes procedentes das margens do rio Verde, permanecendo o mesmo percentual após 30 dias, sendo que em outro lote, procedente das margens do rio Bahia não houve germinação (**Tabela 21**). A partir de 30 dias, as sementes que não embeberam e não germinaram, e que foram atacadas por fungos foram gradativamente descartadas.

Tabela 21 – Resultados do teste de germinação de *Cephalanthus glabratus* em condições controladas de laboratório para caracterização após armazenamento das sementes

Local de Coleta	Data de Coleta	Teor água (%)	Germinação (%)	
			Não-esc	Esc.
rio Verde	18/12/08	4,19	5,00	-
rio Bahia	12/12/08	4,49	0,00	-

Em viveiro *Cephalanthus glabratus* apresentou resultados elevados (A: 91,14%; B: 92,61%). A análise de variância não mostrou diferença entre os percentuais de germinação acumulada, e o teste de Tukey apontou igualdade entre as médias. As sementes demonstraram boa tolerância ao armazenamento por pelo menos 10 meses. E, se considerado um teste expedito (C) sem repetições, com resultado elevado de germinação acumulada (96,59%), realizado com sementes do mesmo lote, o período de tolerância se estende para 24 meses (**Tabela 22**).

Tabela 22 - Percentuais de germinação em viveiro observados para *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,01)

	Local de Coleta	Data de Coleta	Data de Plantio	Armaze-namento (meses)	Percentuais de germinação acumulada (%)					
					Resultados por parcela					Média
A	rio Verde	18/12/08	05/03/09	2,5	94,89	92,61	86,93	89,77	91,48	91,14a
B	rio Verde	18/12/08	15/10/09	10	96,59	96,02	94,89	95,45	80,11	92,61a
C	rio Verde	18/12/08	22/12/10	24	96.59	-	-	-	-	96.59

Em relação à velocidade de germinação, o resultado foi ligeiramente maior para a semeadura realizada em outubro (IVG=5,10) em comparação com março (IVG=4,18). Tanto Em A e B a germinação iniciou somente a partir da segunda semana, supondo-se que esteja relacionado a algum tipo de dormência tegumentar e/ou fisiológica (**Figura 51**). Aparentemente a temperatura não demonstrou ter interferido diretamente nos resultados de germinação, já que para o período após a semeadura realizada na primavera (teste B) as temperaturas foram quase as mesmas do que para o final do verão (teste A). As temperaturas médias nos primeiros 15, 30 e 60 dias para B alcançaram 24,9ºC, 28,2ºC e 26,8ºC, enquanto para A alcançaram 28,1ºC, 26,5ºC e 25,3 ºC, respectivamente (Anexo A).

Embora as germinações não tenham sido aparentemente afetadas pelo armazenamento, recomenda-se a realização de novos testes para se confirmar o potencial de armazenamento de sementes desta espécie, uma vez que o teste que resultou em 24 meses se resumiu em poucas repetições.

Os resultados não possibilitam sugerir períodos do ano mais adequados para a realização de semeaduras, já que as germinações se apresentaram distintas para períodos em que as temperaturas foram muito semelhantes.

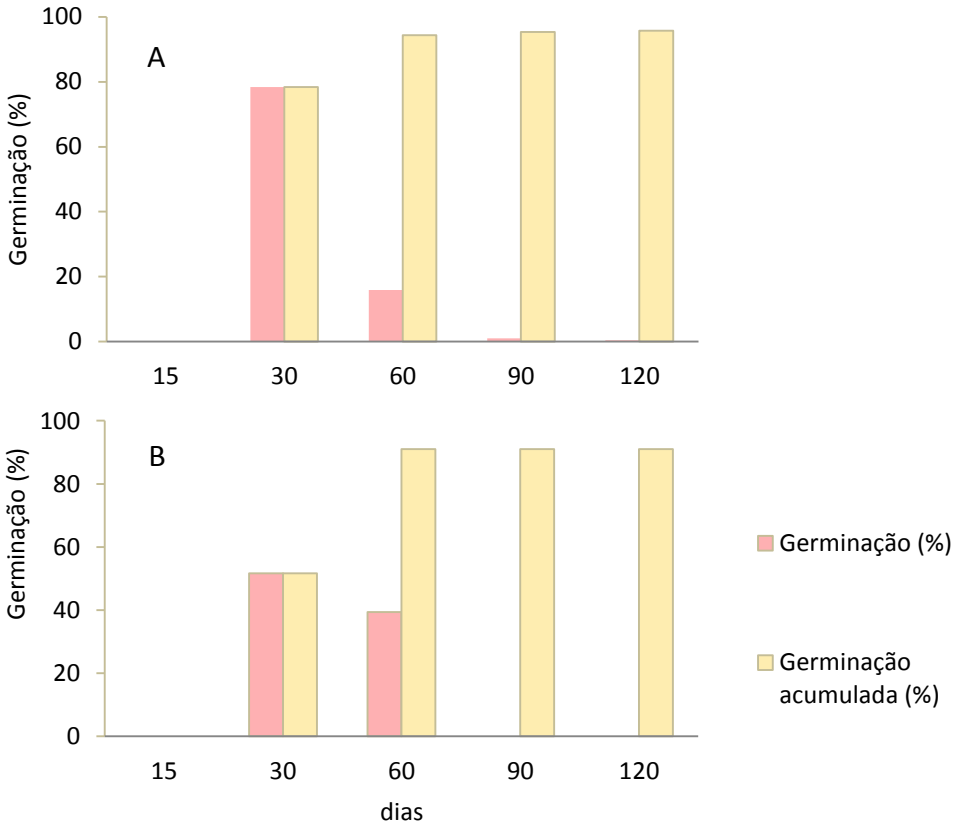

Figura 51 – Germinação de sementes de *Cephalanthus glabratus* coletadas nas margens do rio Verde em 18/12/08, semeadas (A) em 15/10/09 e (B) em 05/03/09

Para os resultados obtidos em laboratório, com temperatura fixa de 25 ºC, entretanto, verificou-se que as germinações foram muito baixas em comparação aos testes realizados em viveiro, que pode ser um sinal de que a espécie tenha preferência por temperaturas maiores, porém sem confirmação, sendo recomendada a realização de novos testes com diferentes temperaturas para compreensão das temperaturas ótimas e o período do ano mais apropriado para a realização de semeaduras conforme a região.

Apesar das sementes serem do tipo ortodoxas e de certa lentidão para iniciar a germinação, os percentuais elevados de germinação acumulada e a formação de plântulas sadias demonstram que *Cephalanthus glabratus* não chegou ser comprometida por dormência tegumentar e/ou fisiológica, a ponto de requerer algum tipo de tratamento pré-germinativo. Nesse sentido, o esclarecimento quanto ao tipo de dormência e possíveis tratamentos pré-germinativos podem contribuir para a redução no tempo de germinação, acelerando o período para a produção de mudas em viveiro, recomendando-se estudos nesta linha.

3.4 Considerações Finais

Algumas espécies apresentaram percentuais elevados de germinação acumulada, germinando naturalmente em condições de viveiro, tais como *Aeschynomene sensitiva* (98,33%), *Sesbania virgata* (91,483%), *Ludwigia sp1* (94,9%) e *Cephalanthus glabratus* (92,6%), sem ter sido necessária a aplicação de quaisquer tratamentos germinativos. Outras espécies demonstraram requerem tratamento pré-germinativo para a quebra de dormência tegumentar, sem o qual a germinação acumulada foi muito baixa, tais como *Senna alata* (sem escarificação: 23,4%, 39,2%; com escarificação: 93,5% a 100%) e *Mimosa pellita* (sem escarificação: 51,6%, 63,8%; com escarificação: 82,4% a 99%). No caso de *Hibiscus sororius* a germinação foi muito baixa (8,4%, 30,1%).

Em relação ao tempo requerido para a germinação, as sementes de algumas espécies como *Aeschynomene sensitiva* e *Sesbania virgata* levaram de 07 a 14 dias para germinar em viveiro sem escarificação (com escarificação germinaram em até 3 dias). *Ludwigia sp1* e *Cephalanthus glabratus* também apresentaram percentuais acumulados elevados para germinar, mas foram mais lentas, levando respectivamente cerca de 30 e 30-60 dias, não tendo sido aplicado nenhum tratamento pré-germinativo. As sementes de *Mimosa pellita, Senna alata* e *Hibiscus sororius* levaram tempo irregular para que germinassem, demonstrando dormência tegumentar mais pronunciada, indicando necessidade de tratamento pré-germinativo. Escarificadas, as sementes de *Mimosa pellita* e *Senna alata*, germinaram em até 3 dias. No caso de *Hibiscus sororius* falta esclarecer procedimentos para tratamento pré-germinativo. *Sesbania virgata e Cephalanthus*

glabratus manifestaram dormência em condições de laboratório, mas, em viveiro não. *Aeschynomene sensitiva* não manifestou dormência em laboratório.

Os resultados indicaram que, a maioria das espécies apresentou tolerância das sementes a períodos de armazenamento em câmara fria que variaram de 9 a 28 meses conforme a espécie: *Aeschynomene* sensitiva: 28 meses; *Mimosa pellita*: 24 meses; *Senna alata*: 28 meses; *Sesbania virgata*: 28 meses; *Hibiscus sororius*: sem informação: *Cephalanthus glabratus*: 10/24 meses; *Ludwigia sp1*: menos de 9 meses (recomenda-se para esta última a semeadura direta em campo).

Em relação à interferência da temperatura na germinação das sementes, algumas espécies demonstraram preferência por períodos mais quentes do ano para germinar, tais como *Aeschynomene sensitiva, Senna alata, Sesbania virgata,* sugerindo-se períodos mais quentes do ano para a realização de semeadura. Entretanto, algumas espécies requerem novos testes de germinação que simulem melhor as duas épocas do ano, pois, as semeaduras coincidiram com períodos em que as temperaturas foram similares, como *Mimosa pellita, Ludwigia sp1* e *Cephalanthus glabratus.* No caso de *Hibiscus sororius,* a dormência tegumentar aparentemente mascarou a influência da temperatura na germinação.

Considerando-se que a facilidade de propagação é um dos requisitos importantes para a seleção de espécies (VAN KRAAYENOORD; HATHAWAY,1986), a germinação elevada sem a necessidade de escarificação observada para *Aeschynomene sensitiva* (98,33%), *Sesbania virgata* (91,483%), corresponde a um diferencial ainda maior, por não demandar custos com substâncias e mão de obra para aplicação de tratamentos pré-germinativos.

3.5 Conclusões

Embora algumas espécies subarbustivas e arbustivas necessitaram de tratamento pré-germinativo para a quebra de dormência tegumentar, elas demonstraram tolerar armazenamento e apresentaram potencial para germinar e formar mudas em viveiro regional, podendo, portanto, serem aplicadas em práticas para controle de erosão e restauração no contexto da região de estudo.

Referências

BIANCHETTI, A. Tratamentos pré-germinativos para sementes florestais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE SEMENTES FLORESTAIS, 2., 1989, Atibaia. **Anais...** São Paulo: SEMA-SP; IF, 1989. p. 237-246.

BRAGA, L. F.; SOUSA, M. P.; BRAGA, J. F.; DELACHIAVE, M. E. A. Escarificação ácida, temperatura e luz no processo germinativo de sementes de *Senna alata* (L.) Roxb. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.12, n.1, p.1-7, 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária, 1992. 365 p.

_____. Regras para análise de sementes. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.

CARNEIRO, J.G. de. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR; FUPEF; Campos: UENF, 1995. 451 p.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas.** Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-dos-municipios-paulistas.html>. Acesso em: 19 mar. 2013.

CENTRO INTEGRADO DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS. **Monitoramento climatológico:** Mirante do Paranapanema/ Presidente Prudente. Disponível em: <http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline>. Acesso em: 01 dez. 2012.

CÓRDULA, E. QUEIROZ, L. P. Q.; ALVES, M. Checklist da flora de Mirandiba, Pernambuco: Leguminosae. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 59, n. 3, p. 597-602, 2008.

FIGLIOLIA, M.B. **Conservação de sementes de essências florestais**. São Paulo: Instituto Florestal, 1988. 18 p. (Boletim Técnico, 42)

FOWLER, J.A.P.; BIANCHETTI, A. **Dormência em sementes florestais**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2000. 27 p. (Documentos, 40).

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T. **Fisiologia das árvores**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1972. 745 p.

LIMA, L.C.P.; SARTORI, A.L.B.; POTT, V.J. *Aeschynomene* L. (Leguminosae, Papilionoideae, Aeschynomeneae) no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Hoehnea,** São Paulo, v. 33, n. 4, p. 419-453, 2006.

NASSIF, S. M. L. ; VIEIRA, I.G.; FERNADES, G.D. (LARGEA/). **Fatores externos (ambientais) que influenciam na germinação de sementes.** Piracicaba: IPEF; ESALQ, LCF, 1998. 2 p. (Informativo Sementes IPEF).

PEREIRA, J.F. **A família Rubiaceae *Juss*. na vegetação ripária de um trecho do alto rio Paraná, Brasil, com ênfase na tribo Spermacoceae.** 2007. 68 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Centro de Ciências Biológicas Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2007.

POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Brasília: Embrapa Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Serviço de Produção de Informação, 1994. 320 p.

POTT, V.J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

SANTOS JÚNIOR, N.A. Produção e tecnologia de sementes aplicadas à recuperação de áreas degradadas. *In*: INSTITUTO DE BOTÂNICA. **Manual de recuperação de áreas degradadas no estado de São Paulo**: curso de capacitação e atualização em recuperação de áreas degradadas com ênfase em matas ciliares do interior paulista - Guaratinguetá-SP, ações dos projetos FAPESP nº 03/06423-9. Instituto de Botânica / SMA – SP/ GEF – Global Environment Facility. 2006, p. 75-84.

SMITH, M.; WANG, T.B.S.P.; MSANGA, H.P. Dormancy and germination. In: ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. Forest Service's/ Reforestation, Nurseries, & Genetics Resources. **Tropical tree seeds manual**. Washington, 2003. chap. 5.

SOUZA, V.C.; BORTOLUZZI, R.L.C. *Senna.* In: **Lista de espécies da flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB83691>. Acesso em: 13 nov. 2012.

VIEIRA, I.G.; FERNADES, G.D. **Métodos de quebra de dormência de sementes.** Piracicaba: IPEF; ESALQ, LCF, 1997. (Informativo Sementes IPEF). Disponível em: <Http://www.ipef.br/sementes/>. Acesso em: 07 maio 2013.

VIEIRA, R.D.; CARVALHO, N.M. **Testes de vigor em sementes.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. 164 p.

YULE, T.S.; PEREIRA, A.P.T.; MEDEIROS, S.C.H. de; HOLSBACK - MENEGUCCI, Z.R.; RODRIGUES, J.; SCREMIN – DIAS, E. Efeito da hipoxia na germinação de *Mimosa pellita* humb. & bonpl. Ex willd. (Fabaceae, Mimosoideae). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., 2009, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2009. p. 1-3.

4 DESENVOLVIMENTO DE PLÂNTULAS DE OITO ESPÉCIES HERBÁCEAS, ARBUSTIVAS E LIANA NATIVAS SUBMETIDAS A CONDIÇÕES DISTINTAS DE SATURAÇÃO HÍDRICA DO SUBSTRATO

Resumo

A prática de restauração em margens de corpos hídricos requer conhecimento sobre as respostas das espécies vegetais a condições distintas de disponibilidade hídrica, inclusive quando expostas ao alagamento, uma vez que essa condição pode causar além de estresse, limitar o desenvolvimento e até comprometer a sobrevivência de plântulas. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de 8 espécies herbáceas, arbustivas e liana nativas após submeter o sistema radicular destas a condições distintas de saturação hídrica do substrato. Após semeadura, desenvolvimento em condições controladas de viveiro e prontidão para expedição, as plântulas foram transplantadas de tubetes para vasos (5L) e submetidas a 03 condições de disponibilidade hídrica do substrato: (A) saturação hídrica parcial, até 10 cm; (B) saturação hídrica total, até 20 cm; (C) capacidade de campo (controle). Após 2 e 3 meses de condução do experimento procedeu-se a desmontagem e separação por compartimento, pesagem do material fresco, secagem em estufa e pesagem da massa seca dos sistemas aéreo e radicular. O tratamento estatístico foi a análise de variância e o teste de Tukey. Como resultados, verificou-se 5 padrões quanto às preferências hídricas para as espécies avaliadas: *Mimosa pellita* Humb. & Bonpl. ex Willd. apresentou bom desenvolvimento nos três tratamentos; *Hymenachne pernambucencis* (Spreng.) Zuloaga., *Cyperus sp* e *Aeschynomene sensitiva* Sw. apresentaram maior desenvolvimento sob saturação hídrica parcial e total, enquanto *Cyperus giganteus* Vahl se desenvolveu predominantemente sob saturação hídrica total; *Senna alata* (L.) Roxb.apresentou ótimo desenvolvimento em condição de boa drenagem, demonstrando ao mesmo tempo tolerância aos demais tratamentos; e *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum. e *Combretum laxum* Jacq. demonstraram preferência pela condição intermediária de submersão parcial, porém, indicaram crescimento mais lento em comparação às demais espécies. Os resultados obtidos quanto ao desenvolvimento de biomassa nos tratamentos corroboraram com grande parte das observações quanto ao ambiente de ocorrência das espécies durante os trabalhos de campo (capítulo 2) e relatos de outros autores. Embora 07 espécies tenham demonstrado potencial para se desenvolver em ambiente ribeirinho, apenas 6 são recomendadas para aplicação em experimentos voltados o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos. As informações obtidas podem ser consideradas indicativos preliminares das possíveis zonas onde tais espécies poderiam ser plantadas nos diques marginais.

Palavras-chave: Espécies nativas não arbóreas; Saturação hídrica parcial e total; Tolerância à submersão; Produção de massa seca; Desenvolvimento do sistema aéreo e radicular

Abstract

Restoration practices of water body margins require knowledge about plant responses to different water availability conditions, including knowledge of their response to flooding, since this condition can cause stress and furthermore it can limit the development and even jeopardize the survival of seedlings.The objective of this study was to evaluate the development of 8 native herbaceous, shrub and liana species after submitting their root system to different conditions of substrate water saturation. After sowing, development under controlled nursery conditions and readiness to be planted, the seedlings were transplanted from tubes to vases (5L) and were also subjected to 03 conditions of water availability of the substrate: (A) partial water saturation(up to 10 cm); (B) total water saturation (up to 20 cm); and (C) field capacity (control) .After 2 and 3 months conducting the experiment, we started disassembling and separatingthe compartment, weighing fresh material, kiln drying and weighing dry mass of shoots and root systems. Statistical analysis was done using the variance analysis and the Tukey's test. As a result, 5 standards were observed regarding water preferences of the evaluated species: *Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.* showed good development in all three treatments; *Hymenachne pernambucencis (*Spreng.) Zuloaga., *Cyperus sp* and *Aeschynomene sensitiva* Sw. presented better development under partial and full water saturation, while *Cyperus giganteus* Vahl developed predominantly under full water saturation; Senna alata (L.) Roxb. showed great development in good drainage conditions, while demonstrating tolerance to other treatments; *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum. and *Combretum laxum* Jacq. demonstrated preference for intermediate condition of partial submersion, however, it had slower growth compared to the other species.The results obtained for the development of biomass in treatments corroborate with a great part of the observations on the environmental occurrence of the species during field work (chapter 2) and also with reports of other authors. Although 07 species had potential to develop in riverine environment, only 6 are recommended for use in experiments of erosion control and restoration of water body margins. The collected data may be considered as preliminary indications of possible areas where such species could be planted on river banks.

Keywords: Native species, Partial and total water saturation; Submergence tolerance; Dry mass production, Shoot and root system development

4.1 Introdução

Diante da necessidade de reversão do quadro atual de degradação de áreas, em especial de formações ripárias, a compreensão das estratégias que possibilitam a sobrevivência das espécies, tais como do seu comportamento ecofisiológico e características morfo-anatômicas é indispensável para o controle de erosão, manejo, conservação, recuperação do solo e restauração de ecossistemas.

Gyssels e Poesen (2003) sugerem que o aumento da densidade de raízes no *topsoil* pode ser uma estratégia viável para a redução das taxas de erosão hídrica, enfatizando o papel das espécies herbáceas, subarbustivas e arbustivas para o controle da erosão devido às suas características morfológicas, tanto do sistema radicular como aéreo.

Tsutsumi et al. (2004) examinaram em campo e por meio de modelagem tridimensional o desenvolvimento da arquitetura do sistema radicular de *Pinus massoniana* Lamb. de dois anos nas encostas do sul da China, relacionando-o com o fluxo hídrico por meio de monitoramento de dados de temperatura e chuva. O hidrotropismo radicular, e também o gravitropismo foram considerados os principais fatores de alongamento e assimetria na arquitetura do sistema radicular.

A biomassa do sistema radicular e do sistema aéreo de espécies vegetais de um sítio perturbado nos alpes suíços foram mensuradas no trabalho de Pohl et al. (2011), juntamente com a altura da planta, profundidade das raízes, expansão lateral das raízes, comprimento das raízes, diâmetro, força de tensão e idade da planta, para compor um conjunto características morfológicas das plantas, com a finalidade de identificar funções e associá-las e tipos funcionais de plantas (PFTs), tais como forma de vida, forma de crescimento e tipo de raíz.

Para a restauração de margens de corpos hídricos é importante que sejam identificadas e subdivididas as zonas de inundação conforme da dinâmica fluvial e/ou hidrológica, feição dos diques marginais e sazonalidade, uma vez que a dinâmica é muito variável entre os cursos d'água, assim como ao longo de seus percursos, e se distingue totalmente de reservatórios artificiais, sejam eles de acumulação ou de usinas a fio d'água. Numa faixa marginal dos ecossistemas aquáticos que se estende até o interior do corpo de água há uma de gradiente de umidade no solo que interfere diretamente na ocupação das espécies (ROCHA; MARTINS, 2011). Essa zonação ecológica reflete os graus de adaptação que as plantas apresentam para tolerar o alagamento ou a dessecação (SCREMIM-DIAS, 2000). MAES et al. (2009) estudaram a influência de níveis distintos de estresse hídrico no desenvolvimento de plântulas de *Jatropha curcas* L.

De acordo com DORNER (2002), a disponibilidade de água é um dos principais fatores a serem considerados para a seleção de espécies em práticas de

restauração, tão logo os objetivos da restauração sejam definidos. Espécies distintas têm preferências hídricas distintas. A hidrologia do local determinará a disponibilidade hídrica para as plantas em épocas distintas ao longo do ano. Consequentemente, a escolha das espécies nativas e os locais onde estas serão plantadas devem levar em conta as características hidrológicas do local. As informações sobre o tipo de solo são indicativos das condições hidrológicas do local. Solos de textura fina e classificados como hidromórficos estão tipicamente associados a áreas úmidas e sujeitas ao alagamento, pelo menos sazonal. Outros fatores associados são a localização de nascentes e afluentes, profundidade do freático, pluviosidade, eventos periódicos de cheias e outros distúrbios do histórico do regime hidrológico. Em qualquer projeto de restauração de áreas úmidas, a compreensão dos aspectos hidrológicos é fundamental. Muitas espécies de áreas úmidas devem ser plantadas em locais em condições específicas de acordo com a hidrologia do sistema e não sobrevivem se plantadas em locais inapropriados. Podem ser necessárias, inclusive as práticas de manejo hidrológico anteriormente ao plantio para garantir o sucesso nas práticas de restauração.

Em um estudo realizado por Rasid e Mallika (1993), as dimensões raíz-ramos e a biomassa de amostras de dez espécies dominantes nos perfis de diques marginais de um canal de inundação na bahia Thunder (Ontario, Canadá) foram significativamente distintas entre um e outro microhabiat. Tais diferenças foram utilizadas como base para interpretação da alocação de energia em diferentes componentes das plantas que as ajudaram a colonizar microhabitats específicos ao longo dos perfis do canal de inundação. Assim, *Deschampsia flexuosa*, uma gramínea dominante na encosta do dique marginal, aloca cerca de 90% de sua biomassa em suas raízes curtas, porém densas, quando em comparação com seus ramos, o que proporciona proteção contra o *runoff* na encosta do dique marginal. A arbustivo-arbórea *Alnus rugosa* e arbustiva *Salix bebbiana*, dominantes nas escarpas erodíveis, alocam quase a mesma quantidade de biomassa nos componentes aéreo e subterrâneo, mas possuem longas raízes pivotantes, que as ajudam a colonizar a face íngreme da escarpa. Plantas nos terraços inferiores e submersas, tais como as monocotiledôneas *Juncus nodosus* e *Saggitaria latifolia* alocam de maneira desproporcional grandes quantidades de biomassa em seus components aéreos, que ficam expostos às forças dinâmicas de ondas e correntes.

Os estudos referentes à tolerância ao alagamento e deficiência de O_2 nas plantas tiveram origem nos países temperados e em geral estão relacionados com espécies agrícolas (KOLB 1998). Nas regiões tropicais, onde existe a maior diversidade de ecossistemas sujeitos a inundações (JOLY 1991) esta linha de pesquisa é mais recente e apresenta um grande potencial para estudos. Ainda segundo Kolb (1998), está crescendo o número de trabalhos motivados a elucidar os mecanismos adaptativos que permitem a ocorrência de vegetação em locais sazonal ou permanentemente alagados, buscando suprir a grande carência de conhecimento nesta área com espécies arbóreas tropicais.

O alagamento modifica uma série de parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo, alterando drasticamente as condições ambientais. A redução na disponibilidade de oxigênio no solo, e conseqüentemente para o sistema radicular, constitui a principal limitação para o crescimento de plantas submetidas à inundação (PEZESHKI, 2001).

O ar existente nos poros de solos drenados, geralmente em concentrações próximas às da atmosfera, fornece oxigênio em quantidades suficientes para a respiração das raízes e dos microrganismos. Com o alagamento do solo, a maior parte do oxigênio é substituída por água, limitando a disponibilidade para a respiração das raízes, em função da baixa solubilidade e da menor difusão do O_2 na água em relação ao ar, o que reduz a troca de O_2 entre a atmosfera e o solo inundado (LOBO; JOLY 2000; PONAMPERUMA, 1984).

A deficiência de oxigênio limita a sobrevivência da grande maioria das espécies, pois, a maioria dos tecidos de plantas superiores não pode sobreviver em condições anaeróbias. Os efeitos do alagamento em geral são múltiplos e complexos e incluem desde limitação na difusão dos gases e redução dos nutrientes existentes no solo a um aumento na suscetibilidade das plantas a doenças (SINGH et al., 2001).

Muitas espécies vegetais podem morrer quando expostas até mesmo a breves períodos de alagamento; outras são capazes de desenvolver diversas respostas que as capacitam a sobreviver sob tais condições. A inundação desencadeia uma série de processos que influenciam as características físico-químicas e biológicas do solo como meio para o desenvolvimento das plantas e

nestas condições, as plantas podem ou não apresentar adaptações morfológicas, anatômicas e metabólicas para minimizar os efeitos da falta de oxigênio (CRAWLEY, 1997).

Ao contrário das espécies sensíveis e das espécies intolerantes à inundação, espécies de vegetação de terras úmidas são bem adaptadas a crescer por longos períodos em solos saturados de água. Mesmo quando as partes aéreas estão parcialmente submersas, estas espécies crescem vigorosamente e não exibem sinais de estresse. Em algumas espécies de ambientes alagados, a submersão captura etileno endógeno e o hormônio estimula o alongamento celular do pecíolo, estendendo-o rapidamente até a superfície da água, de modo que a folha é capaz de alcançar o ar.

Diversos estudos vieram sendo realizados com espécies cultivadas, possibilitando a compreensão dos mecanismos e estratégias de adaptação para resistir à deficiência de oxigênio no ambiente de suas raízes, cujo solo permanece saturado por longos períodos.

Estudos sobre elucidem as preferências hídricas de espécies herbáceas, arbustivas e lianas nativas, muito embora sejam de grande importância para a conservação, manejo e restauração de ecossistemas, ainda são escassos, principalmente para espécies nativas de hábitos não arbóreos. Considerando-se as lacunas nos estudos aplicados ao controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos no Brasil, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento de 8 espécies nativas após submeter o sistema radicular a condições distintas de saturação hídrica do substrato.

4.2 Material e Métodos

Este estudo foi conduzido parcialmente no viveiro de mudas do Horto Florestal da CESP de Primavera, município de Rosana-SP e parcialmente no laboratório do Núcleo de Pesquisa em Sementes do Instituto de Botânica da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (São Paulo-SP), nos períodos de setembro de 2010 a agosto de 2011 e outubro de 2011 a março de 2012.

A seleção de espécies e coleta de sementes para a montagem dos experimentos do presente estudo foi realizada durante os trabalhos de campo nas

margens de corpos hídricos na planície de inundação do Alto Paraná conforme descrito no item 2.2 do capítulo 2, sendo que como critérios de seleção foram priorizadas espécies nativas de hábitos herbáceo, subarbustivo, arbustivo, arbustivo-arbóreo e liana/ trepadeira, leguminosas e gramíneas, ou outras espécies comuns sujeitas a grande influência fluvial nas margens dos corpos hídricos. A relação das espécies, que inclui 04 espécies arbustivas, 03 herbáceas e 01 liana está apresentada na **Tabela 23**.

Tabela 23 - Apresentação das 08 espécies nativas em ordem alfabética por família.(H = herbácea, B = arbustiva, L = liana)

FAMÍLIA	ESPÉCIE	NOME VERNÁCULO
Combretaceae		
L1	*Combretum laxum* Jacq.	cipó-do-rio, pombeiro
Cyperaceae		
H1	*Cyperus giganteus* Vahl	piri, pirizeiro
H2	*Cyperus sp.*	navalhão
Fabaceae		
B1	*Aeschynomene sensitiva* Sw.	corticeira
B2	*Mimosa pellita Humb. & Bonpl. ex Willd.*	espinheiro
B3	*Senna alata* (L.) Roxb.	candelabro
Poaceae		
H3	*Hymenachne pernambucencis (*Spreng.) Zuloaga.	capim pernambuco
Rubiaceae		
B4	*Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.	sarã, sarandi colorado

Após a coleta e beneficiamento, foram realizadas semeaduras em tubetes de polipropileno de 53 cm^3, submetidas às mesmas condições descritas no **item 3.2** do capítulo 3 em sua fase inicial de desenvolvimento, onde permaneceram até atingir a fase de expedição para o campo. Em seguida, as plântulas foram transplantadas para vasos flexíveis de polietileno com capacidade de 5 litros. O substrato utilizado foi descrito no **item 3.2**.

Os tratamentos experimentais foram os seguintes: C.C., ALA-10 e ALA-20. No tratamento ALA10 o sistema radicular fica 50% em condição de saturação hídrica ou parcialmente submersa (até 10 cm da altura do vaso). No tratamento ALA20 o sistema radicular fica 100% em condição de saturação hídrica ou total submersão (até 20 cm da altura do vaso). No tratamento C.C., correspondente ao grupo controle, o sistema radicular fica submetido à condição de capacidade de campo. Todos os tratamentos tiveram 5 repetições (**Figura 52**).

Figura 52 – Aspecto geral dos tratamentos no início e após 1 mês de desenvolvimento (fev. e mar. 11): C. C. (A1 e A2); ALA-10 (B1 e B2); ALA-20 (C1 e C2)

Para simular a condição de saturação hídrica ou submersão do sistema radicular (ALA10 e ALA20) em ambiente de viveiro, os vasos de 5 litros foram inseridos em vasos maiores, de 11 litros respectivamente, sendo que estes últimos foram previamente forrados com sacos plásticos de polietileno, e posteriormente perfurados nas alturas de 10 e 20 cm de altura.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo 03 tratamentos distintos quanto à disponibilidade hídrica do substrato com 5 repetições de 2 mudas de cada espécie transplantadas por vaso.

A frequência de irrigação das plântulas variou de uma a três vezes ao dia, ajustando maior frequência para os dias mais quentes e secos, e menor frequência para os dias mais frios e úmidos, mantendo-se a condição de alagamento nos

vasos, sendo que nos dias de chuva mais intensa a irrigação era interrompida. Após os transplantes, os vasos foram alocados sobre canteiros preenchidos com areia, em sua porção superior e cascalho em sua porção inferior, favorecendo a drenagem durante e após a irrigação.

A complementação de adubação mineral foi realizada com solução nutritiva de adotado na rotina do viveiro de mudas da CESP de Primavera, constituído principalmente de fósforo e potássio a fim de promover melhor enraizamento e crescimento das plântulas, ou seja, para cada 1 m^3 de substrato foram adicionados 1 kg de superfosfato simples (00 – 18 – 00), 700g de sulfato de amônia, 150g de cloreto de potássio e 150g de FTE BR9®.

Para avaliar as respostas à simulação de alagamento das plântulas, após o período de desenvolvimento nos vasos, ou seja, 02 meses para as herbáceas (02 Cyperaceae, 01 Poaceae) e 03 meses para os demais hábitos (04 arbustivas e 01 liana), os experimentos foram desmontados, as plântulas foram separadas em 04 compartimentos, sendo 01 correspondente ao sistema radicular e os outros 03 ao sistema aéreo (caule e ramos, folhas, flores e frutos). Logo após a separação, cada compartimento foi embalado em sacos de papel Kraft devidamente etiquetados. Particularmente para o sistema radicular, anteriormente ao embalamento, procedeu-se a remoção e lavagem do substrato retido pelas raízes em água corrente.

Na sequência, todo o material foi levado ao laboratório, devidamente pesado em balança de precisão, secado em estufa de ventilação forçada a 60º C até peso constante para mensuração da massa seca e avaliação do desenvolvimento dos sistemas aéreo e radicular sob os diferentes tratamentos. As análises estatísticas basearam-se nas médias das repetições de cada parcela, aplicando-se a análise de variância (teste F) e posteriormente o teste de Tukey ao nível de significância de 1% ou 5%, conforme cada caso.

4.3 Resultados e Discussão

A seguir são apresentados e discutidos os resultados obtidos de massa seca de plântulas para cada espécie, em ordem alfabética por família.

Combretaceae

a) *Combretum laxum* Jacq.

Para *Combretum laxum,* a análise de variância mostrou diferença significativa entre os resultados de massa seca por plântula, e o teste de Tukey apontou diferença entre as médias de C.C. (controle) em comparação com ALA-10. Em ALA-20 os resultados foram intermediários, igualando-se estatitisticamente a C.C. e a ALA-10. Sob saturação parcial (ALA-10) a massa seca de folhas foi 50% maior que em C.C., e de caule e raiz 40% maior que em C. C. (**Figura 53A**).

Os resultados sugerem preferência de *C. laxum* para se desenvolver em solos sujeitos a submersão e certa tolerância a solos drenados com elevada disponibilidade hídrica. Em relação às observações em campo (cap. 2), houve apenas um diferencial, ou seja, embora esta espécie tenha ocorrido exclusivamente em margens de corpos hídricos, limitou-se a zonas sazonalmente alagáveis de diques marginais. Apesar de seu sistema aéreo ter sido observado rente à lâmina d'água, seu sistema radicular não foi observado submerso (**Figura 53B**).

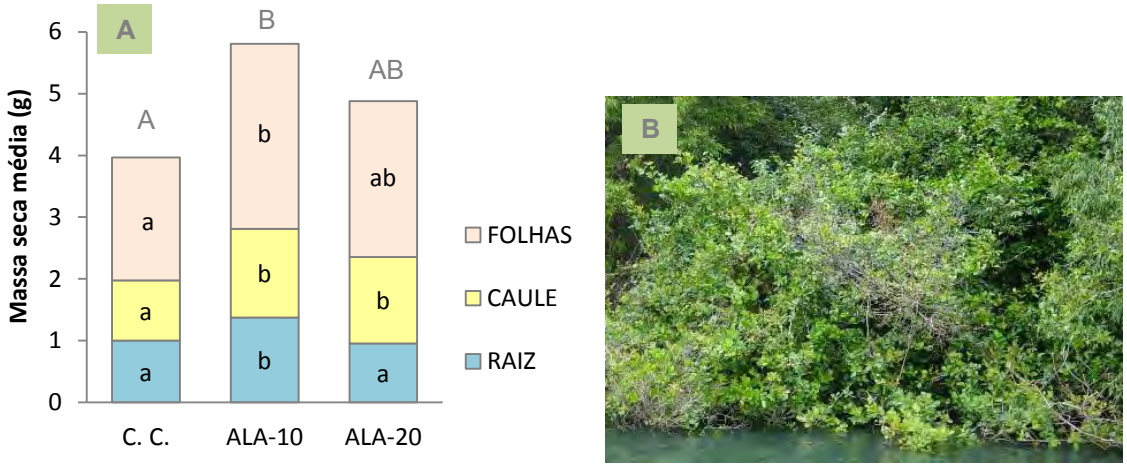

Figura 53 – *Combretum laxum* (A): Massa seca média por plântula e respectivos compartimentos após 03 meses de simulação de hipoxia do sistema radicular (ALA-10 = saturação parcial; ALA-20 = saturação total; C.C. = capacidade de campo). Letras iguais indicam não haver diferenças pelo Teste de Tukey (P<0,01); letras maiúsculas se refrem à massa seca total, e, minúsculas à massa seca por compartimento. (B): Em margem alagável do rio Paraná (out. 07; Foto: HIROSE, A.)

Comparativamente às demais espécies subarbustivas e arbustivas analisadas, os valores atingidos foram inferiores para os três tratamentos. Esperava-se, que esta espécie atingisse valores médios superiores aos observados, por se tratar de uma liana arbustiva observada sobre as copas de árvores nas bordas das matas ciliares

alcançando mais de 3 metros (capítulo 2). Uma razaõ possível seria o padrão de desenvolvimento mais lento ou a qualidade das sementes coletadas.

Sob o tratamento ALA-10 a massa seca de raiz foi maior, a raiz pivotante apresentou-se mais espessa, além de mais ramificada e com raízes laterais mais desenvolvidas, distinguindo-se de ALA-20 e C.C., onde a proporção de massa seca de raízes foi menor. A arquitetura das raízes em ALA-10 sugere potencial para ancoramento e atirantamento de solos drenados com alagamentos temporários Observou-se em ALA-20 tendência sutil para o desenvolvimento de raízes laterais. com comportamento diageotrópico (DAVANSO-FABRO et al., 2002). No tratamento C.C. tanto a raíz pivotante como as secundárias se desenvolveram menos, as secundárias não se expandiram lateralmente e a raiz pivotante apresentou-se mais fina e alongada em comparação aos demais tratamentos. (**Figura 54A, B e C**).

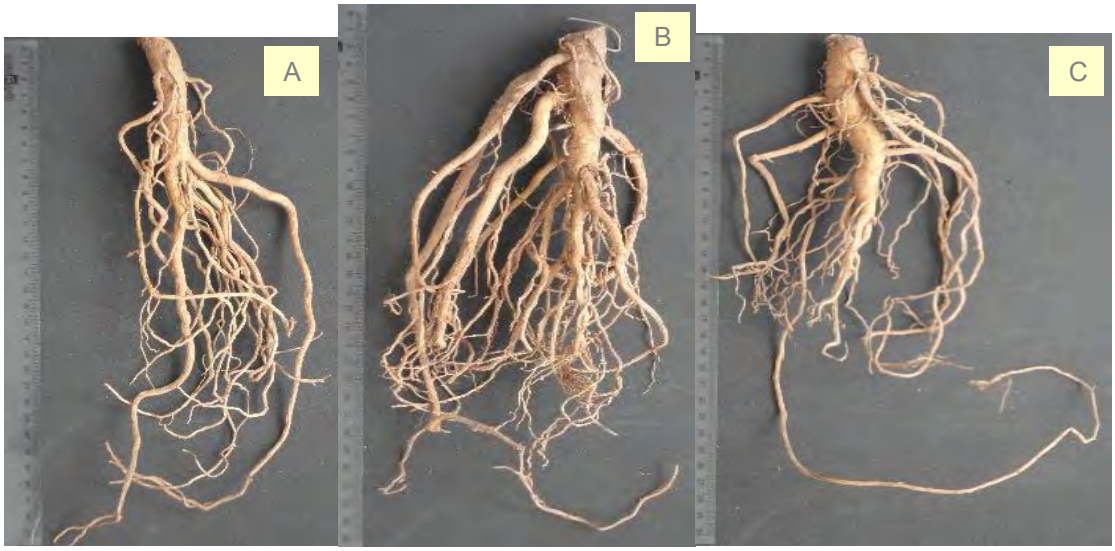

Figura 54 – *Combretum laxum* Jacq. – Aspecto do sistema radicular 03 meses após simulação de hipoxia do sistema radicular. Tratamentos: (A) CC; (B) ALA-10; (C) ALA-20. (Fotos: HIROSE, A

Cyperaceae

b) *Cyperus giganteus* Vahl

Para *Cyperus giganteus*, a análise de variância mostrou diferença significativa para os resultados de massa seca por plântula entre os tratamentos ALA-20 em relação a ALA-1- e C.C., e o teste de Tukey apontou diferença entre as médias de ALA-20 em relação a ALA-1- e C.C. No tratamento ALA-20 os valores foram 84,2% e 140% maiores que em ALA-10 e C.C. (controle), respectivamente (**Figura 55A**).

Quanto à massa seca média por compartimento, o desenvolvimento do sistema aéreo em ALA-20 se destacou em comparação aos demais tratamentos, principalmente o caule (escapos) e em menor proporção das antelas (raios e folhas involucrais) e folhas (da base do caule). Em ALA-20 o caule atingiu valores 125% e 270% maiores que em ALA-10 e C.C. (controle), respectivamente (**Figura 55A**).

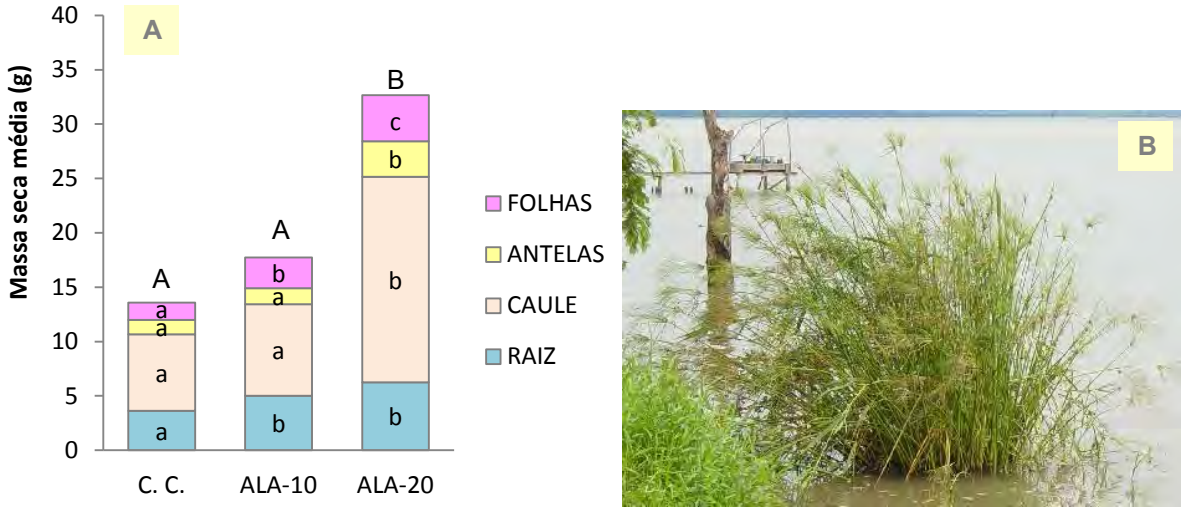

Figura 55 – *Cyperus giganteus* (A): Massa seca média por plântula e respectivos compartimentos após 02 meses de simulação de hipoxia do sistema radicular (ALA-10 = saturação parcial; ALA-20 = saturação total; C.C. = capacidade de campo). Letras iguais indicam não haver diferenças pelo Teste de Tukey (P<0,01); letras maiúsculas se refrem à massa seca total, e, minúsculas à massa seca por compartimento. (B): Em margem alagada do rio do Peixe (jan. 08; Foto: HIROSE, A.)

A produção elevada de biomassa em ALA-20 parece estar diretamente relacionada à preferência desta espécie por solos alagados, desenvolvendo-se melhor em condições de elevada disponibilidade hídrica, com adaptações à condição de hipoxia de solos saturados. A presença de aerênquima nos tecidos do sistema aéreo e radicular, segundo diversos autores, é a principal característica que lhe confere tolerância à submersão. Rodrigues e Estelita (2002) descrevem o sistema subterrâneo como constituído por rizoma plagiotrópico, cujas gemas laterais dão origem a novas unidades simpodiais e disposição de aerênquima nas raízes adventícias (Figura 56A e B). Justin e Armstrong (1987 apud RODRIGUES; ESTELITA, 2002), descrevem a formação de aerênquima como esquisógeno e lisígeno, sendo que o tipo de arranjo celular em fileiras radiais e com forma cúbica está mais relacionado com a formação do aerênquima nas espécies que sofrem alagamento por longo período, como observado para *C. giganteus*. Nos trabalhos de campo (capítulo 2), a espécie ocorreu em áreas de várzea, em margens córregos e

lagoas (Figura 55B). No Pantanal sul-mato-grossense forma comunidades vegetais denominadas "pirizais", ocorrendo em pequenas lagoas, sendo classificada como aquática emergente (ALLEM; VALLS 1987; POTT; POTT, 2000). Lorenzi (2000) a cita como espécie aquática de ampla ocorrência em terrenos pantanosos no Brasil.

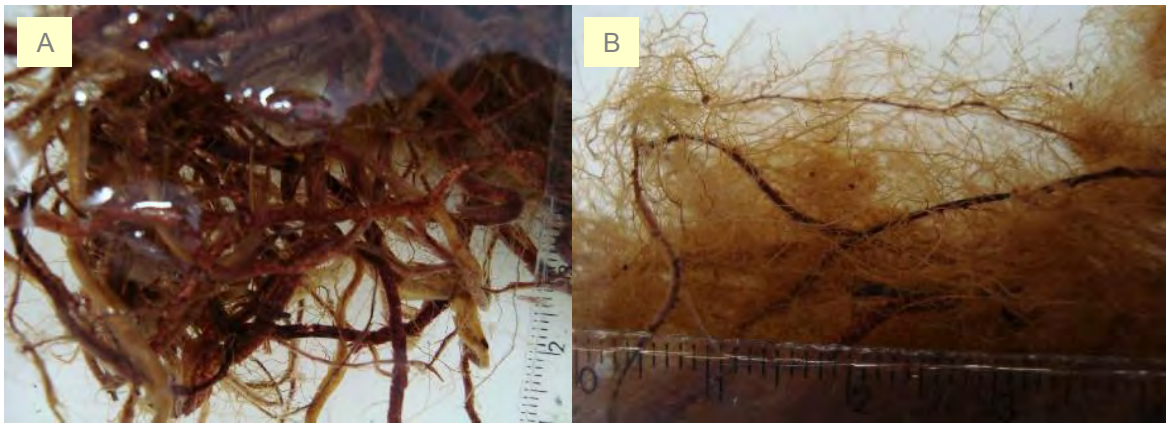

Figura 56 – *Cyperus giganteus* Vahl – (A) e (B): Aspecto das raízes adventícias após simulação de hipoxia do sistema radicular. A difícil remoção do substrato no emaranhado de raízes delicadas por meio de lavagem em água corrente expôs a estrutura interna devido à remoção da rizoderme. (Fotos: HIROSE, A)

Rocha e Martins (2011) constataram em *Cyperus giganteus* a presença de aerênquima regular com células braciformes na região medular do escapo, descrevendo-os como aerênquima esquizógeno tanto no caule como na folha. Os autores constataram, além do aerênquima, estômatos em ambas as faces da epiderme foliar e com células buliformes na região da nervura central da folha, que correspondem a características para enfrentar períodos de dessecação, sugerindo que a espécie, embora classificada como aquática emergente por alguns autores (POTT; POTT, 2000; RODRIGUES; ESTELITA, 2002), ocorrendo em condições de inundação parcial dos órgãos, também estaria adaptada a períodos de estresse por dessecação, recebendo por esse motivo a denominação de espécie anfíbia (SCULTORPE, 1975). Os resultados de menor produção de biomassa observados nos tratamentos ALA-10 e C.C. podem estar refletindo algum estresse hídrico devido a condições menos favoráveis quanto à disponibilidade hídrica, e necessitam maiores estudos, principalmente se considerada a necessidade de manejo de populações e/ou eventuais aplicações desta espécie para controle ambiental.

A presença de plantas em ambientes aquáticos continentais é fundamental para o equilíbrio desses ecossistemas, tanto naturais, como lagos, rios e riachos,

quanto artificiais, como reservatórios de hidrelétricas, represas e açudes para abastecimento de água. Entretanto, tem sido cada vez mais necessário o monitoramento das espécies que ocorrem nesses ambientes, uma vez que estes sofrem constantes pressões antrópicas e se alteram. Nas últimas duas décadas, os casos de desequilíbrio populacional estão aumentando, principalmente em lagos artificiais que servem como reservatórios de abastecimento de água ou de usinas hidrelétricas. De acordo com Pinto; Cavalcanti (2001), Tanaka et al. (2002); Thomaz (2002). Esse desequilíbrio gera crescimento acelerado de determinada população de plantas em detrimento de outras, devido ao processo de eutrofização do ambiente provocado pelos dejetos de resíduos urbanos industriais e/ou residenciais, bem como de resíduos rurais lançados na água. Nesses casos, tornam-se necessárias medidas de controle do crescimento populacional.

Cyperaceae

c) *Cyperus sp.*

Para *Cyperus sp*, a análise de variância mostrou diferença significativa entre os resultados de massa seca por plântula dos tratamentos ALA-20 e ALA-10 em relação ao C.C. (controle), e o teste de Tukey apontou diferença das médias de ALA-20 e ALA-10 em relação ao C.C., ou seja, houve maior produção de massa seca em ALA-20 e ALA-10 em comparação com C.C.(**Figura 57A**). Quanto à massa seca média por compartimento, os valores obtidos para raiz, folhas, escapos florais e núculas nos tratamentos ALA10 e ALA-20 também foram consideravelmente superiores a C.C. (**Figura 57A**).

Esta espécie apresentou sistema radicular fasciculado, com raízes adventícias de aspecto fibroso pardacento e resistente. Os tratamentos ALA-10 e ALA-20 apresentaram maior densidade de raízes do que em C.C. (controle), sendo que o comprimento variou em torno de 40 a 50 cm em todos os tratamentos, não tendo sido detectadas visualmente outras alterações morfológicas (**Figura 58A, B, C**).

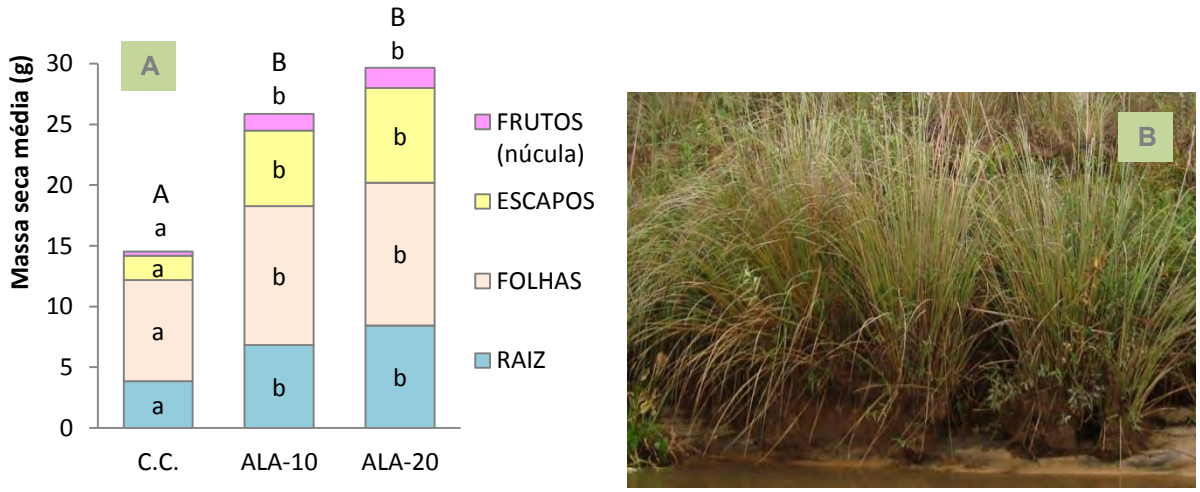

Figura 57 – *Cyperus sp* (A): Massa seca média por plântula e respectivos compartimentos após 02 meses de simulação de hipoxia do sistema radicular (ALA-10 = saturação parcial; ALA-20 = saturação total; C.C. = capacidade de campo). Letras iguais indicam não haver diferenças pelo Teste de Tukey (P<0,01); letras maiúsculas se refrem à massa seca total, e, minúsculas à massa seca por compartimento. (B): Em margem alagável do rio Ivinheima (out. 08; Foto: HIROSE, A.)

Dentre os estudos sobre raízes em espécies de Cyperaceae, além dos trabalhos clássicos que citam aspectos gerais dos vários órgãos, destaca-se o trabalho de Davies et al. (1973 apud RODRIGUES; ESTELITA, 2002)) em que estudaram as raízes laterais intumescidas de várias espécies de Cyperaceae. De acordo com Mani (1962 apud RODRIGUES; ESTELITA, 2002) espaços lisígenos são comuns em raízes de várias espécies de *Cyperus* se formam pela quebra das células corticais sem a formação de célula estrelada. Nas espécies de Cyperaceae, o aerênquima é característico de raízes com células dispostas em fileiras radiais e com forma cúbica, requerendo estudos anatômicos para esta espécie, cuja confirmação quanto à nomenclatura taxonômica em nível de espécie ainda não foi concluída.

A família Cyperaceae Juss. é cosmopolita e de hábito herbáceo, cujos representantes crescem, na sua maioria, em regiões alagadas ou sujeitas a inundações, mas também podem ocorrer em locais secos (BOVE et al., 2003). Os resultados obtidos sugerem que a espécie apresenta potencial de se desenvolver em condições de solos alagáveis, com preferência por solos parcialmente a totalmente encharcados, adaptada à condição de hipoxia de solos saturados, e vão de encontro às observações quanto à sua ocorrência restrita às margens de corpos

hídricos, em solos sujeitos ao alagamento sazonal dos diques marginais (vide capítulo 2).

Figura 58 – *Cyperus sp* – Aspecto do sistema radicular 02 meses após simulação de hipoxia do sistema radicular. Tratamentos: (A) CC; (B) ALA-10; (C) ALA-20. (Fotos: HIROSE, A)

A elevada produção de massa seca das folhas e raízes é um aspecto importante quanto à produção de biomassa, uma vez que combinada a uma arquitetura favorável, como por exemplo, morfologia cespitosa formando touceiras arredondadas e densas, oferece maior potencial de contribuir para a proteção do solo e controle de processos erosivos.

Fabaceae

d) *Aeschynomene sensitiva* Sw.

Para *Aeschynomene sensitiva* a análise de variância mostrou diferença significativa entre os resultados de massa seca por plântula dos tratamentos ALA10 e ALA-20 em relação ao C.C. (controle), e o teste de Tukey apontou diferença das médias de ALA10 e ALA-20 em relação ao C.C. (**Figura 59A**). Para os resultados médios por compartimento, a massa seca de caule e folhas reproduziu as mesmas diferenças da massa seca total. Diferentemente, a massa seca de flores e frutos foi maior em ALA-10 em comparação aos demais tratamentos, e a massa seca de raíz não variou nos três tratamentos (**Figura 59A**).

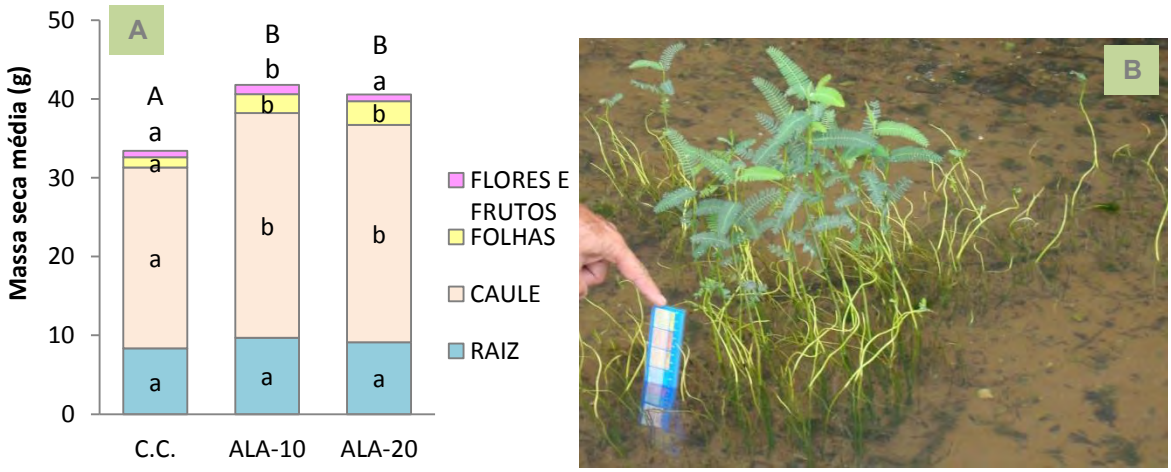

Figura 59 – *Aeschynomene sensitiva* (A): Massa seca média por plântula e respectivos compartimentos após 03 meses de simulação de hipoxia do sistema radicular (ALA-10 = saturação parcial; ALA-20 = saturação total; C.C. = capacidade de campo). Letras iguais indicam não haver diferenças pelo Teste de Tukey (P<0,01); letras maiúsculas se refrem à massa seca total, e, minúsculas à massa seca por compartimento. (B): Em margem alagada de ilhota, reservatório de Porto Primavera, próximo a Panorama-SP (jan. 09; Foto: HIROSE, A.)

Em relação ao sistema radicular, apesar da semelhança em termos de massa seca, verificou-se nos tratamentos ALA10 e ALA-20 maior número de ramificações à partir do colo da raíz, não havendo uma única raiz principal, mas, várias subdivisões desta com comprimento reduzido, além de ramificações laterais. No tratamento C.C. (controle), o desenvolvimento de uma única raiz principal ou pivotante (alcançando comprimento maior que 30 cm), com raízes laterais finas foi mais pronunciado (Figura 60A, B, C). Neste caso, não se verificou uma tendência clara para o desenvolvimento de raízes laterais com comportamento diageotrópico nos tratamentos ALA10 e ALA-20, como observado por Davanso-Fabro et al. (2002) em experimento sobre tolerância à inundação realizado para *Sesbania virgata*, no qual avaliou aspectos da anatomia e do desenvolvimento.

Apesar das diferenças, os valores alcançados de massa seca foram consideravelmente elevados em todos os tratamentos, principalmente se considerados os valores de biomassa do caule (cerca de 20 a 30 g por plântula), que provavelmente está relacionado com uma combinação de aspectos adaptativos, tanto fisiológicas como tolerância ao alagamento, como o fato da espécie ser capaz de interagir com microorganismos fixadores de nitrogênio, que lhe proporciona eficiência nutricional e elevada produtividade. Nos trabalhos de campo, a espécie foi

observada nas várzeas úmidas de rios e córregos, margens alagadas e tranquilas dos rios e bordas de lagoa, em solos arenosos e argilosos, pobres e férteis.

Figura 60 – *Aeschynomene cf. sensitiva* Sw. – Aspecto do sistema radicular 03 meses após simulação de hipoxia do sistema radicular. Tratamentos: (A) CC; (B) ALA-10; (C) ALA-20. (Fotos: HIROSE, A)

Pott e Pott (2000) a considera espécie aquática emergente, com ocorrência frequente em todo o Pantanal, em borda rasa de lagoas e brejos, esparsa em lagoa de meandro, beira-de-rio e em campos inundáveis. Os autores a descrevem como um arbusto formado por 1 a 4 caules engrossados esponjosos ou com aerênquima na metade inferior, saindo da base subterrânea, com algumas raízes escoras. Segundo os mesmos autores, pode germinar e começar a crescer na água rasa ou em solo encharcado. Nos trabalhos de campo, plântulas do gênero *Aeschynomene* foram observadas nestas condições, embora não tenha sido possível confirmar se correspondia à mesma espécie (*A. sensitiva*) (Figura 59B). Os resultados são indicativos preliminares de que a espécie apresenta elevada plasticidade, com potencial de se desenvolver em diferentes níveis de disponibilidade hídrica, desde solos muito úmidos até a condição de hipoxia parcial e total de solos saturados.

Fabaceae

e) *Mimosa pellita* Humb. & Bonpl. ex Willd.

Para *Mimosa pellita*, a análise de variância não mostrou diferença significativa entre os resultados de massa seca por plântula nos tratamentos C.C., ALA10 e ALA-20, assim como o teste de Tukey não apontou diferenças entre as médias dos três

tratamentos (**Figura 61A**). Os resultados médios por plântula e respectivos compartimentos mostraram que tanto a massa seca do caule como do sistema radicular assumiram valores muito próximos entre si nos três tratamentos, enquanto que apenas a massa seca de folhas no tratamento C.C foi 30% maior que nos demais (**Figura 61A**).

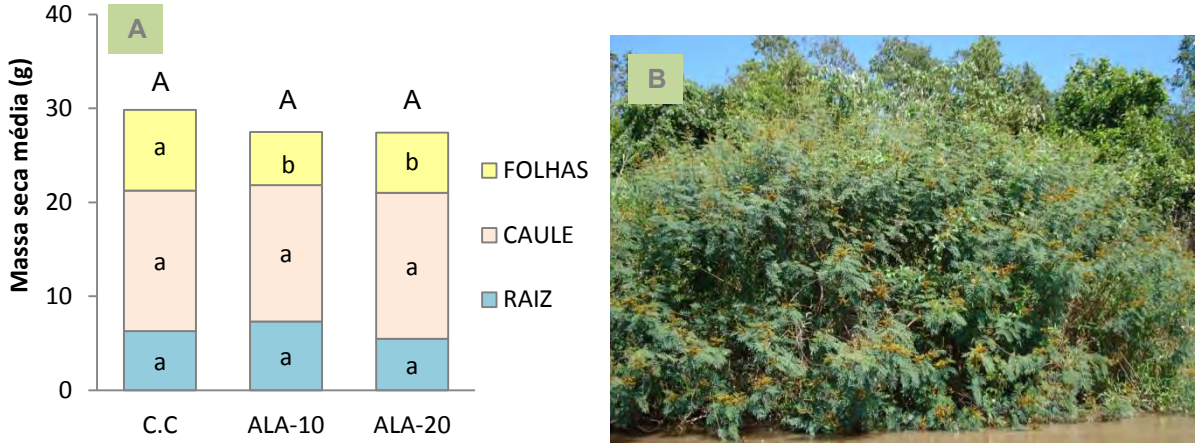

Figura 61 – *Mimosa pellita* (A): Massa seca média por plântula e respectivos compartimentos após 03 meses de simulação de hipoxia do sistema radicular (ALA-10 = saturação parcial; ALA-20 = saturação total; C.C. = capacidade de campo). Letras iguais indicam não haver diferenças pelo Teste de Tukey (P<0,01); letras maiúsculas se refrem à massa seca total, e, minúsculas à massa seca por compartimento. (B): Em margem alagável do rio Aguapeí (dez. 08; Foto: HIROSE, A.)

Durante os trabalhos de campo (capítulo 2), *Mimosa pellita* foi comumente observada em áreas de várzeas formando conjuntos densos, assim como em zonas alagáveis das margens dos rios, com tolerância de quase 50 cm de submersão. Pott e Pott (1994) citam sua ocorrência no Pantanal como abundante, com formação de reboleiras densas denominadas localmente como “espinheirais” em vegetação ciliar, borda de capões, campos alagáveis e lagoas secas, sendo capaz de formar banco de sementes no solo e colonizar áreas abertas em períodos secos. James et al. (2001) citam ocorrência em indivíduos parcialmente submersos ou com o sistema radicular em solo saturado no Pantanal.

Joly e Crawford (1982) verificaram que determinadas espécies tropicais de matas ciliares não têm o crescimento afetado pela inundação, classificando-as como tolerantes ao alagamento. Além da intensa ramificação do caule e elevada densidade de folhas observada em indivíduos desta espécie em diferentes condições do ambiente no campo, verificou-se que o sistema radicular também quase não apresentou diferenças quanto à produção de biomassa. Notou-se apenas

que nos tratamentos ALA-10 e C. C. o comprimento das raízes foi maior em comparação com ALA-20, sendo que seu aspecto fasciculado, fibroso e relativamente longo são mais vantajosas para o controle de processos erosivos. Interessante notar que no tratamento C.C. a raiz principal se alongou consideravelmente. Uma possível explicação seria a estratégia de "buscar" mais água em zonas mais profundas do solo (Figura 62A, B, C).

Figura 62 – *Mimosa pellita* Humb. & Bonpl. ex Willd. – Aspecto do sistema radicular 03 meses após simulação de hipoxia do sistema radicular. Tratamentos: (A) CC; (B) ALA-10; (C) ALA-20. (Fotos: HIROSE, A)

Os resultados relativamente elevados de massa seca em todos os tratamentos corroboram com as observações e estudos mencionados quanto à sua ocorrência, sendo indicativos de que a espécie apresenta elevada plasticidade, com potencial de se desenvolver em diferentes níveis de disponibilidade hídrica, desde solos bem drenados úmidos a muito úmidos até a condição de hipoxia parcial e total de solos saturados. Além disso, foram encontrados estudos que confirmaram a capacidade de nodulação por esta espécie (SANTOS et al., 2008; JAMES et al., 2001), (conforme descrito no capítulo 2). Assim, esta espécie reúne, além do aspecto adaptativo, outras características de interesse para a aplicação em práticas de recuperação do solo e o controle de erosão de margens de corpos hídricos.

Fabaceae

f) *Senna alata* (L.) Roxb.

Para *Senna alata* a análise de variância mostrou diferença significativa entre os resultados de massa seca por plântula, com destaque para o tratamento C.C. (controle), cujos valores foram significativamente maiores do que em ALA-10 e ALA-20. O teste de Tukey apontou que a média obtida para os tratamentos ALA-10 e ALA-20 não diferiram entre si, mas estes diferiram de C.C. (**Figura 63A**).

Quanto aos resultados de massa seca média por compartimento, verificou-se que a massa seca das folhas foi maior no tratamento C.C., chamando atenção o fato de que as folhas contribuíram consideravelmente dentro de cada tratamento devido ao tamanho das folhas e folíolos. Segundo Irwin e Barneby (1982) *S. alata* é um arbusto ereto de 1 a 2 m de altura, possui folhas compostas com 7-11 pares de folíolos e 22-50 cm de comprimento, seus folíolos são obovados ou oblongos de 5,5 a 13 por 4 a 8,5 cm. Observou-se que seu hábito de crescimento e características morfológicas de sua copa são favoráveis à interceptação das gotas de chuva em altura de 1,5 a 2,5 m do solo, com potencial para protege-lo superficialmente por meio de recobrimentos adensados (**Figura 63A e B**; vide também figura 28A do capítulo 2).

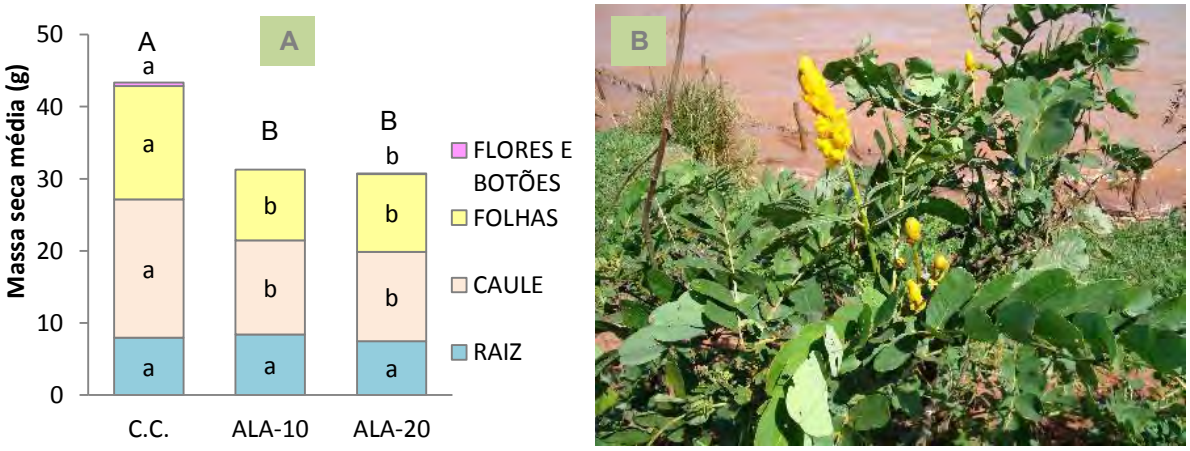

Figura 63 – *Senna alata* (A): Massa seca média por plântula e respectivos compartimentos após 03 meses de simulação de hipoxia do sistema radicular (ALA-10 = saturação parcial; ALA-20 = saturação total; C.C. = capacidade de campo). Letras iguais indicam não haver diferenças pelo Teste de Tukey (P<0,01); letras maiúsculas se refrem à massa seca total, e, minúsculas à massa seca por compartimento. (B): Em margem não alagável do reservatório de Porto Primavera (set. 11; Foto: HIROSE, A.)

Verificou-se que, embora os valores obtidos de massa seca para sistema radicular tenha alcançado valores próximos nos três tratamentos, a morfologia apresentou distinções. Em C.C. (controle) a raiz principal ou pivotante se bifurcou e depois se estendeu, tornando-se longa e estreita, quase sem raízes laterais e raízes finas, com aspecto de fios de cabelo (Figura 64A). Em ALA-10 a raiz principal ou pivotante apresentou maior número de ramificações e raízes laterais que se estreitam e se alongam, com aspecto filamentoso (coloração clara), assim como maior número de raízes finas (coloração escura) (Figura 64B). Em ALA-20 as características se assemelham às de ALA-10, porém as ramificações, raízes laterais e raízes finas são mais curtas (Figura 64C). Verificou-se também nos tratamentos ALA10 e ALA-20 certa tendência para o desenvolvimento de raízes laterais com comportamento diageotrópico mais próximas à superfície do substrato, assim como observado por Davanso-Fabro et al. (2002). para *Sesbania virgata*

Figura 64 – *Senna alata* (L.) Roxb. – Aspecto do sistema radicular 03 meses após simulação de hipoxia do sistema radicular. Tratamentos: (A) CC; (B) ALA-10; (C) ALA-20. (Fotos: HIROSE, A)

Nos trabalhos de campo foi encontrada colonizando margens de rios e ilhotas, em áreas perturbadas, bordas de matas ciliares, em solos drenados e sujeitos a flutuação hídrica. Irwin e Barneby (1982) citam sua ocorrência na América Tropical próxima ou nas margens de rios, savanas sazonalmente úmidas e áreas perturbadas. É descrita por Lorenzi (2000) como medianamente frequente em áreas de pastagens e beira de estradas em quase todo o país, principalmente em lugares úmidos. Segundo Pott e Pott (1994) sua ocorrência é abundante em agrupamentos

em torno de lagoas secando e beira de estradas, sendo que após crescimento tolera 20 a 50 cm de alagamento temporário, morrendo com cheia mais pronunciada. Os resultados de desenvolvimento corroboram com as observações e citações quanto à ocorrência, com potencial de se desenvolver em solos drenados úmidos a muito úmidos, mas com certa tolerância à condição de hipoxia de solos saturados.

A biomassa de *Senna alata* concentrada em seu sistema aéreo formada por folhas e folíolos grandes pode favorecer a proteção da superfície do solo dos impactos das gotas de chuva. E, se suas preferências hídricas corresponderem ao observado neste experimento, teria potencial para ser plantada em porções superiores dos diques marginais, e até mesmo em zonas de declive, pois, além de seu porte reduzido, sua raíz pivotante sugere potencial de ancoramento e proteção estrutural, e suas raízes fasciculadas teriam função de grampeamento do solo e proteção das camadas superficiais contra o *runoff*. Tanto em nível de espécie como de gênero não foram encontrados trabalhos na literatura sobre seu potencial de contribuir para o controle de erosão. Os trabalhos encontrados estiveram mais relacionados com fitoquímica, farmacologia e alelopatia, tendo sido encontrados alguns trabalhos sobre botânica (taxonomia e florística), outros menos relacionados ao tema, como fisiologia da fotossíntese. Foi citada 01 referência sobre biologia floral e polinização (capítulo 2) e outra sobre fisiologia de sementes (capítulo 3).

Poaceae

g) *Hymenachne pernambucencis (*Spreng.) Zuloaga.

Para *Hymenachne pernambucencis*, a análise de variância mostrou diferença significativa nos resultados de massa seca por plântula dos tratamentos ALA10 e ALA-20 em relação ao C.C. (controle), e o teste de Tukey apontou diferença das médias de ALA10 e ALA-20 em relação ao C.C. (**Figura 65A**).

Quanto aos resultados por compartimento, verificou-se que para os tratamentos ALA-10 e ALA-20 os valores de massa seca média de colmos, folhas e raízes foram em média superiores em 66%, 40% e 14%, respectivamente, ao tratamento C.C. (**Figura 65A**).

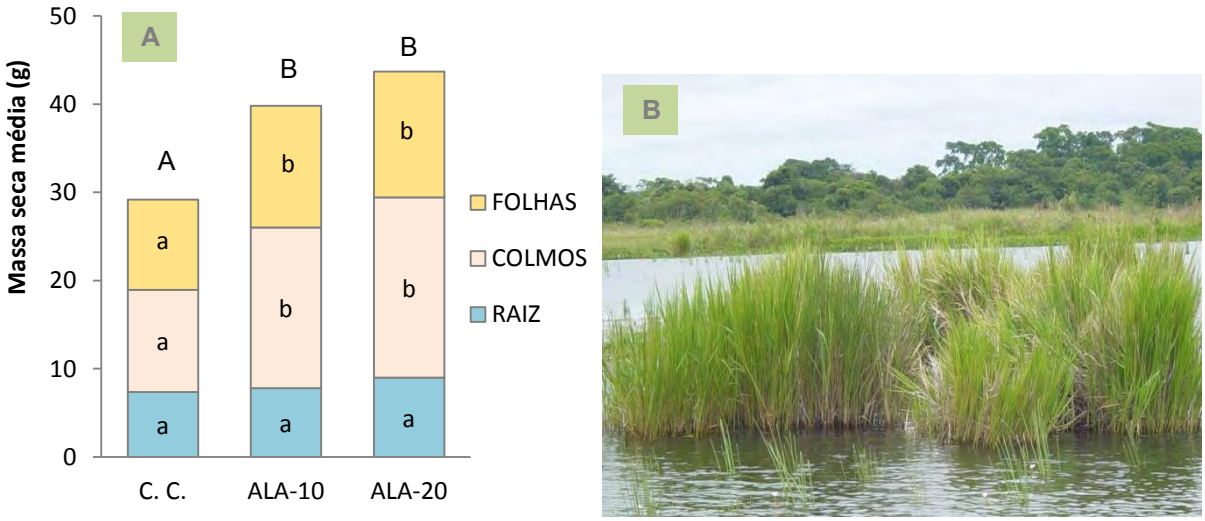

Figura 65– *Hymenachne pernambucencis* (A): Massa seca média por plântula e respectivos compartimentos após 02 meses de simulação de hipoxia do sistema radicular (transplante: 14/04/11) (ALA-10 = saturação parcial; ALA-20 = saturação total; C.C. = capacidade de campo). Letras iguais indicam não haver diferenças pelo Teste de Tukey (P<0,01); letras maiúsculas se refrem à massa seca total, e, minúsculas à massa seca por compartimento. (B): Sob alagamento prolongado após represamento do rio Paraná (margens do reservatório de Porto Primavera em Presidente Epitácio, jan. 08) (Foto: HIROSE, A)

Esta espécie apresentou denso sistema radicular fasciculado, com elevado número de raízes adventícias de aspecto fibroso e resistente, de coloração parda. No tratamento ALA-20 as raízes apresentaram diâmetro ligeiramente mais espesso, porém com comprimento menor, em comparação aos demais tratamentos, onde as raízes foram mais finas e compridas, com cerca de 40 cm (Figura 66).

Os resultados obtidos nos tratamentos indicaram que a espécie tem preferência por solos encharcados, aparentemente bem adaptada à condição de hipoxia parcial e total de solos saturados, ao mesmo tempo em que consegue se desenvolver em solos drenados, porém com elevada umidade disponibilidade hídrica (Figura 65B).

Estes resultados corroboram com as observações de campo (vide capítulo 2) e com algumas citações na literatura quanto à sua ocorrência em baixadas úmidas e alagadas (LORENZI, 2000), e sua denominação como espécie aquática emergente (POTT; POTT, 2000). Verificou-se que, por reunir diversas características adaptativas e morfológicas, tanto do sistema aéreo como radicular, esta espécie apresenta potencial elevado para aplicação em práticas para a proteção do solo e o controle de erosão de margens de corpos hídricos.

Figura 66 – *Hymenachne pernambucencis (Spreng.) Zuloaga.* – Aspecto do sistema radicular 02 meses após simulação de hipoxia do sistema radicular. Tratamentos: (A) CC; (B) ALA-10; (C) ALA-20. (Fotos: HIROSE, A)

Rubiaceae

h) *Cephalanthus glabratus* (Spreng.) K.Schum.

Para *Cephalanthus glabratus,* a análise de variância mostrou diferença significativa nos resultados de massa seca por plântula entre os três tratamentos, ao mesmo tempo em que o teste de Tukey apontou diferença entre as médias dos três tratamentos, sendo que houve maior produção de massa seca em ALA-10 (**Figura 67A**).

Quanto aos resultados de massa seca média por compartimento, verificou-se que os valores obtidos para o caule, o sistema radicular e as folhas foram maiores em ALA-10 em comparação ALA-20, que por sua vez foi maior em comparação a C.C. (**Figura 67A**).

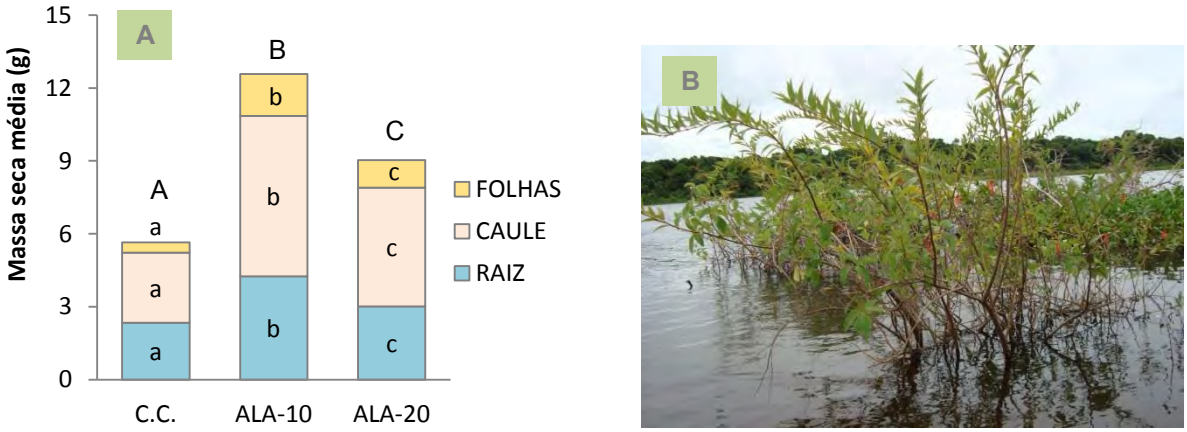

Figura 67 – *Cephalanthus glabratus* (A): Massa seca média por plântula e respectivos compartimentos após 03 meses de simulação de hipoxia do sistema radicular (ALA-10 = saturação parcial; ALA-20 = saturação total; C.C. = capacidade de campo). Letras iguais indicam não haver diferenças pelo Teste de Tukey (P<0,01); letras maiúsculas se refrem à massa seca total, e, minúsculas à massa seca por compartimento. (B): Em margem alagada do rio Bahia após construção da usina de Porto Primavera (fev. 10; Foto: HIROSE, A.)

Em todos os tratamentos as raízes apresentaram aspecto esponjoso, com tecido aerenquimático, típico de espécies adaptadas para sobreviver em condição de alagamento. Verificou-se menor desenvolvimento da raiz principal, tanto em comprimento como em espessura, e maior desenvolvimento das raízes secundárias, com aspecto fasciculado nos três tratamentos. Entretanto, para o tratamento ALA-20 as raízes secundárias apresentaram-se mais espessas e curtas (cerca de 20 cm de comprimento), sugerindo que a plântula investiu mais no desenvolvimento do tecido aerenquimático, aumentando mais em espessura do que em comprimento. No tratamento ALA-10 as raízes apresentaram-se mais afinadas e longas (cerca de 40 cm de comprimento). No controle (C.C.) o número de raízes secundárias foi menor e o comprimento foi um pouco mais curto que em ALA-10. (Figuras 68 A, B e C).

O maior desenvolvimento das plântulas no tratamento ALA-10 pode ter sido favorecido pelo fato de terem sido submetidas à condição parcial de saturação hídrica, que possibilitou além da hidratação e consequente nutrição, maior oxigenação das células e maior velocidade de desenvolvimento em comparação com ALA-20. Os resultados obtidos no tratamento C.C. sugerem possível condição de estresse hídrico, que atrasaram o seu desenvolvimento.

Durante os trabalhos de campo foi observada nas margens alagáveis de alguns rios e várzeas, em ambiente de solos pouco ou mal drenados. Plantas adultas foram

observadas em solos totalmente saturados, assim como suportando situações de alagamento (Figura 67 B, vide também Figura 33C no capítulo 2). Pott e Pott (1994) citam a ocorrência desta espécie no Pantanal como esparsa em vazantes e corixos, restritas aos brejos de alguns rios.

Figura 68 – *Cephalanthus glabratus (Spreng.) K.Schum.* – Aspecto do sistema radicular 03 meses após simulação de hipoxia do sistema radicular. Tratamentos: (A) CC; (B) ALA-10; (C) ALA-20. (Fotos: HIROSE, A)

Os resultados obtidos corroboram com algumas observações de campo (vide capítulo 2), sugerem que a espécie, embora aparentemente mais tolerante à condição de hipoxia de solos saturados e alagamentos sazonais na fase adulta, pode apresentar na fase de plântula maior velocidade de crescimento se puder permanecer apenas com uma parte do seu sistema radicular não submersa, quando a demanda por oxigênio é maior, havendo chances de que se permanecer com todo o sistema radicular em solos saturados seu crescimento e desenvolvimento ocorram mais lentamente, requerendo estudos mais detalhados.

4.4 Considerações Finais

No âmbito do presente estudo foram observados 5 padrões quanto às preferências hídricas para as 8 espécies avaliadas.

- Solos com boa drenagem (C.C. ou controle): *Senna alata*
- Submersão parcial (ALA-10): *Cephalanthus glabratus* e *Combretum laxum*
- Submersão total (ALA-20): *Cyperus giganteus*
- Submersão parcial e submersão total (ALA-20 e ALA-20): *Hymenachne pernambucencis*, *Cyperus sp* e *Aeschynomene sensitiva*

- Sem preferências hídricas: *Mimosa pellita*.

Os maiores valores médios de massa seca por plântula foram observados para *Hymenachne pernambucencis* (43,7 g), *Senna alata* (43,37 g) e *Aeschynomene sensitiva* (41,79 g), e em seguida por *Cyperus giganteus* (32,66 g) e *Cyperus sp* (29,49 g) e *Mimosa pellita* (29,83 g). As demais espécies demonstraram desenvolvimento lento, com os menores valores médios de massa seca por plântula: *Cephalanthus glabratus* (18,86 g) e *Combretum laxum* (5,81 g).

Em relação à massa seca de caule por plântula, os maiores valores médios foram observados para *Aeschynomene sensitiva* (28,5 g), e em seguida por *Hymenachne pernambucencis* (20,4 g), *Senna alata* (19,2 g), *Cyperus giganteus* (18,9 g), *Mimosa pellita* (15,5 g), *Cyperus sp* (7,8 g) e, por último *Cephalanthus glabratus* (6,6 g) e *Combretum laxum* (5,81 g).

Em relação à massa seca de raiz por plântula, os maiores valores médios foram observados para *Aeschynomene sensitiva* (9,7 g), *Hymenachne pernambucencis* (9,0 g), *Cyperus sp* (8,5 g), *Senna alata* (8,4 g), *Mimosa pellita* (7,3 g), *Cyperus giganteus* (6,3 g), e, por último *Cephalanthus glabratus* (4,3 g) e *Combretum laxum* (1,4 g).

A leguminosa *Senna alata*, foi a que apresentou o maior valor médio de massa seca de folhas por plântula (15,8 g) em comparação com as demais leguminosas *Mimosa pellita* (8,6 g) e *Aeschynomene sensitiva* (3,0 g). A gramínea *Hymenachne pernambucencis* com 20,4 g, destacou-se em comparação com *Cyperus sp* (11,8 g) e *Cyperus giganteus* (4,2 g).

Verificou-se que os resultados quanto ao desenvolvimento de biomassa nos 03 tratamentos corroboraram com grande parte das observações e tolerância ao alagamento durante os trabalhos de campo (capítulo 2) e citações de outros autores. 05 espécies foram as que mais chamaram atenção quanto ao potencial de aplicação em testes para o controle de erosão e restauração de margens de corpos hídricos, sendo *Hymenachne pernambucencis, Cyperus sp* e *Aeschynomene sensitiva* em zonas alagáveis tolerando solos totalmente saturados*, Senna alata* em zonas de solos úmidos com boa drenagem com menor tolerância a solos saturados, e *Mimosa pellita* desde solos drenados úmidos até zonas alagáveis. *Cephalanthus glabratus e Combretum laxum* apresentaram crescimento mais lento, cujas causas podem estar

além da preferência por solos sujeitos a submersão parcial, recomendando-se novos estudos. *Cyperus giganteus,* apesar de ter demonstrado elevada adaptação a solos saturados, sua aplicação em controle de erosão e restauração é duvidosa, por demonstrar preferência por ecossistemas aquáticos eutrofizados.

Considerando-se que diques marginais são zonas de transição entre os ecossistemas aquáticos e terrestres que frequentemente sofrem mudanças sob condições naturais da dinâmica hidrológica (FLORSHEIM, 2008), a plasticidade ecológica, a tolerância às condições de um gradiente hídrico é um aspecto importante a serem considerados para a seleção de espécies. Enquanto algumas espécies demonstraram preferências por determinadas condições mais específicas dentre os três tratamentos, *Mimosa pellita* foi a única cujos resultados sugerem maior plasticidade ecológica, o que pode representar uma vantagem em relação as demais espécies.

Os resultados de massa seca por plântula, massa seca por caule, massa seca por raíz e massa seca por folhas possibilitaram algumas comparações entre os diferentes hábitos e entre as diferentes espécies. As herbáceas, apesar das terem tido menor tempo de desenvolvimento (02 meses) em comparação com as arbustivas (03 meses), seus valores surpreenderam. *H. pernambucencis* destacou-se por ter atingido o maior valor de massa seca por plântula (43,7 g) em comparação às demais espécies. E, mesmo *C. giganteus* e *Cyperus sp*, cujas massas alcançadas foram respectivamente 32,66 g e 29,49 g, ou seja 75% e 67% daquela obtida por *H. pernambucencis*, ficaram abaixo somente de *Senna alata* (43,37 g) e *Aeschynomene sensitiva* (41,79 g). Esses resultados corroboram com informações apresentadas na literatura, destacando a velocidade de desenvolvimento das gramíneas e ciperáceas quando em comparação com outros hábitos, ou mesmo outras herbáceas. Uma vez que o período de 02 meses tanto para *H. pernambucencis* como para *C. giganteus* não deve ter sido suficiente para que atingissem a fase reprodutiva, se tivessem permanecido por 03 meses ao invés de 02 meses, não teria sido estranho se o desenvolvimento de biomassa destas superassem os demais hábitos. No caso de *Cyperus sp*, que atingiu a fase reprodutiva em 02 meses, esperaria-se que mesmo após 03 meses sua biomassa não fosse muito superior. Além disso, o hábito de crescimento, anatomia e morfologia de *Cyperus sp* se distingue das demais pelo fato de produzir

proporcionalmente mais biomassa de folhas do que os demais compartimentos. Apesar de suas folhas serem comparativamente mais leves, são também volumosas e preenchem quase toda a touceira, enquanto seu caule é produzido em menor número, pois tem como finalidade principal a sustentação de sua estrutura reprodutiva. Diferentemente, a biomassa de *H. pernambucencis* se concentrou em maior proporção em seus colmos espessos, rígidos e pesados, do que em suas folhas. No caso de *C. giganteus,* sua biomassa se concentra principalmente em seus caules, pois, suas antelas representam um percentual muito pequeno, além de quase não produzir folhas. A massa seca de folhas por plântula destacou-se em *H. pernambucencis* (20,4 g), em comparação com *Cyperus sp* (11,8 g) e *C. giganteus* (4,2 g). Diferentemente, a massa seca de caule por plântula de *H. pernambucencis* (20,4 g) e *Cyperus giganteus* (18,9 g) se destacaram em comparação com *Cyperus sp* (7,8 g).

Gyssels e Poesen (2003) estudaram, para diferentes densidades de cereais e gramíneas, a influência da biomassa vegetal que está acima do solo assim como a biomassa subterrânea, para tentar compreender o porquê da maioria dos estudos atribuirem maior contribuição da vegetação que está acima do solo para o controle de erosão por fluxo concentrado. Eles compararam seções transversais de áreas em canais com fluxo concentrado (sulcos e voçorocas efêmeras) no Loess Belt da Bélgica, e, constataram que tanto o aumento da densidade do sistema aéreo como radicular resultaram num decréscimo exponencial das taxas de erosão por fluxo concentrado.

Considerando-se os maiores valores médios de massa seca por plântula obtidos para cada espécie nos três tratamentos, foi possível observar algumas diferenças importantes. Dentre as arbustivas, embora os maiores valores médios de massa seca tenham sido alcançados pelas leguminosas *S. alata* (43,37 g) e *A. sensitiva* (41,79 g), inclusive com valores similares e com maior concentração no sistema aéreo, tais informações não permitem supor que apresentem potencial semelhante para recobrir o solo ou protegê-lo dos impactos das gotas de chuva. Na realidade, para estas espécies foi verificada diferença significativa na distribuição de biomassa entre os compartimentos folhas e caule. Enquanto a massa seca de *S.alata* concentrou-se nas folhas (15,8 g), a de *A. sensitiva* concentrou-se no caule (28,5 g). Para as demais leguminosas *M. pellita* e *A. sensitiva* os valores médios de

massa seca de folhas por plântula foram bem inferiores, alacançando 8,6 g e 3,0 g, respectivamente. Em relação à massa seca de caule, as demais posições foram ocupadas pelas leguminosas *Senna alata (*19,2 g) e *Mimosa pellita* (15,5 g), e por último *Cephalanthus glabratus* (6,6 g).

Apesar de poucas ramificações e copa rala, *A. sensitiva* apresentou a maior biomassa de caule em comparação às demais espécies analisadas. E, embora a sua biomassa de raiz tenha sido proporcionalmente menor em relação à sua biomassa aérea, os valores atingidos superaram a maioria das demais espécies. Além disso, trata-se de uma leguminosa nodulífera considerada como excelente adubo verde de áreas úmidas, além de fornecedora de recursos alimentares ricos em nitrogênio para a fauna. Surge o interesse em conhecer o potencial de ancoragem de seu sistema radicular para proteger o solo na base dos diques marginais, já que apresentou diâmetro basal elevado. Segundo **Burylo et al. (2009)**, a resistência ao desenraizamento depende da combinação de várias características, sendo que uma forma de avaliá-la seria por meio da realização de testes de desenraizamento lateral e a descrição das características morfológicas da espécie Nesse estudo, os autores verificaram que a força de desenraizamento máxima foi mais positivamente relacionada com o diâmetro basal do caule, sendo que o comprimento de raízes, a proporção entre as raízes laterais finas e a topologia das raízes foram considerados os melhores indicadores da força de ancoragem.

As diferenças observadas no alongamento do sistema radicular nos três tratamentos, assim como as assimetrias na sua morfologia podem ter sido influenciadas não apenas pelas condições distintas quanto à disponibilidade hídrica do substrato, como pelo fato de as plântulas terem sido submetidas em condições de semiconfinamento em vasos de 5 litros. Tsutsumi et al. (2004) citam o hidrotropismo e também o gravitropismo radicular como sendo os fatores principais do alongamento e assimetria na arquitetura do sistema radicular de *Pinus massoniana,* após observações de campo e simulações realizadas por meio de modelagem tridimensional.

Embora não tenha sido possível avaliar, além da disponibilidade hídrica, outros fatores podem ter influenciado em maior ou menor grau os resultados quanto aos padrões de enraizamento, alongamento do sistema radicular, de massa seca obtidos nos tratamentos, tais como o tipo de substrato, teor de nutrientes, tipo e quantidade

de matéria orgânica, pH e temperatura. Segundo Schiechtl e Stern (1997), Albernethy e Rutherfurd (2001), Simon e Collison (2002), além do desenvolvimento de padrões distintos de enraizamento, cada espécie tende a produzir quantidades distintas de biomassa aérea e radicular conforme as condições do solo e do clima.

Segundo Mattia et al. (2005), a vegetação pode contribuir significativamente para a estabilização de zonas Esse reforço dependerá das características morfológicas dos sistema radicular e da força de tensão das raízes individualmente. Ao compararem o sistema radicular de hábitos distintos (gramíneas e arbustivas) e seus efeitos para controlar a erosão, verificaram diferenças na contribuição para o reforço do solo conforme a profundidade, sendo que nas camadas superficiais as gramíneas demonstraram melhor desempenho, enquanto que em horizontes mais profundos as arbustivas demonstraram melhor desempenho).

4.5 Conclusões

Diferenças observadas na produção de biomassa por plântula nos diferentes tratamentos podem estar refletindo, em um certo grau, as preferências hídricas das espécies quanto aos seus microhabitats de ocorrência em ecossistemas ribeirinhos.

Ao mesmo tempo, diferenças observadas na produção de biomassa por compartimento (sistema aéreo e radicular) nos diferentes tratamentos podem, em um certo grau, serem indicativos das estratégias adaptativas das espécies para se desenvolverem e sobreviverem em gradientes de saturação hídrica e umidade em seus microhabitas de ocorrência.

Referências

ALBERNETHY, B.; RUTHERFURD, I. D. The distribution and strength of riparian tree roots in relation to riverbank reinforcement. **Hydrological Processes**, New York, v. 15, p. 63-79, 2001.

ALLEM, A.C.; VALLS, J.F.M. **Recursos forrageiros nativos do Pantanal Matogrossense**. Brasília: EMBRAPA CENARGEN, 1987. 339 p. (Documentos, 8).

BOVE, C.P.; GIL, A.S.B.; MOREIRA, C.B.; ANJOS, F.R.B. dos. Hidrófitas fanerogâmicas de ecossistemas aquáticos temporários da planície costeira do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 1, p. 119-135, 2003.

BURYLO, M.; REY, F.; MATHYS, N.; DUTOIT, T. Plant root traits affecting the resistance of soils to concentrated flow erosion. **Earth Surface Processes and Landforms** , Oxford-UK, v. 37, n. 14, p. 1463–1470, 2012b.

BURYLO, M,; REY, F.; ROUMET, C.; BUISSON, E.; DUTOIT, T. Linking plant morphological traits to uprooting resistance in eroded marly lands (Southern Alps, France). **Plant and Soil**, Amsterdam, v. 324, p. 31–42, 2009.

CÓRDULA, E. QUEIROZ, L. P. Q.; ALVES, M. Checklist da flora de Mirandiba, Pernambuco: Leguminosae. Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 59, n. 3, p. 597-602, 2008.

CRAWLEY, M.J. **Plant ecology**. Oxford-UK: Blackwell Scientific, 1989. 496 p.

_____. Life history and environment. In: _____. (Org.). **Plant ecology.** Oxford-UK: Blackwell Science, 1997. p. 73-131.

DAVANSO-FABRO, V.M.; MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A. Tolerância à inundação: aspectos da anatomia ecológica e do desenvolvimento de *Sesbania virgata* (Cav.) Pers. (Fabaceae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v. 41, n. 4, p. 375-384, ago. 2002.

DREW, M.C. Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology,** Palo Alto, v. 48, p. 223-250, 1997.

GYSSELS, G.; POESEN, J. The importance of plant root characteristics in controlling concentrated flow erosion rates. Earth Surface Processes and Landforms. , Oxford-UK, v. 28, n. 4, p. 371–384, 2003.

IRWIN, H.S.; BARNEBY, R.C. The American Cassinae, a synoptical revision of Leguminosae, Tribe Cassieae, subtribe Cassinae in the New World. **Memories of the New York Botanical Garden,** New York, v. 35, n. 1/2, p. 1-918, 1982

JAMES, E.K.; LOUREIRO, M.F.; POTT, A.; POTT, V.J.; MARTINS, C.M.; FRANCO, A.A.; SPRENT, J.I. Flooding-tolerant legume symbioses from the Brazilian Pantanal. **New Phytologist**, Lancaster, v. 150, n. 3. p. 723-738, June 2001.

JOLY, C.A. Flooding tolerance: a reinterpretation of Crawford`s metabolic theory. **Proceedings of the Royal Society Edinburgh,** Edinburgh, v. 102B, p. 343-354, 1994.

_____. Flooding tolerance in tropical trees. In: JACKSON, M.B.; DAVIES, D.D.; LAMBERS, H. (Org.). **Plant life under oxygen deprivation**. Amsterdam: Academic Publishing, 1991. p. 23-34.

JOLY, C.A.; CRAWFORD, R.M.M. Variation on tolerance and metabolic responses to flooding in some tropical trees. **Journal of Experimental Botany**, New York, v. 33, p. 799-809, 1982.

KERBAUY, G.B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2004. 452 p.

KISSMANN, K.G. **Plantas infestantes e nocivas**. 2. ed. São Paulo: BASF, 1999. 976 p.

KOLB, R.M.; MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A.; GILONI, P.A.; CORREA, G.T. Anatomia ecológica de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae) submetida ao alagamento. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 305-312, 1998.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding. In: _____. (Org.). **Flooding and plant growth.** London: Academic Press, 1984. p. 129-163.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução de C.H.B. Assis Prado. 2. ed. Rima, São Carlos, 2004. 531 p.

LOBO, P.C.; JOLY, C.A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO-FILHO, H.F. (Org.). **Matas ciliares:** conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP; FAPESP, 2000. p. 143-157.

LORENZI, H. (Ed.). **Plantas daninhas do Brasil:** terrestres, aquáticas, parasitas e tóxicas. 3. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2000. 608 p.

MAES, W. H.; ACHTEN, W. M. J; EUBENS, B.; RAES, D.; SAMSON, R.; MUYS, B. Plant and water relationships and growth strategies of *Jatropha curcas* L. saplings under different levels of drought stress. **Journal of Arid Environments**, Amsterdam, v. 73, p.877-884, 2009.

PEZESHKI, S.R. Plant responses to flooding. In: WILKINSON, R.E. (Org.). **Plant environment interactions.** New York: Dekker, 1994. p. 289-321.

_____. Wetland plant responses to soil flooding. **Environmental and Experimental Botany,** Amsterdam, v. 46, p. 299-312, 2001

PINTO, M.A.; CAVALCANTI, C.G.B. **Recuperação de lagos tropicais:** biotecnologia no controle da eutrofização em lagos tropicais; a experiência do Lago Paranoá. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br./bio/7_h.htm>. Acesso em: 21 nov. 2011.

POHL, M.; STROUDE, R.; BUTTLER, A.; RIXEN, C. Functional traits and root morphology of alpine plants. **Annals of Botany**, Oxford-UK, v. 108, n. 3, p. 537-545, 2011.

PONAMPERUMA, F.H. Effects of flooding on soil. In: KOZLOWSKI, T.T. (Org.). **Flooding and plant growth.** Orlando: Academic Press, 1984. p. 9-45.

POTT, A.; POTT, V.J. **Plantas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Pantanal, Serviço de Produção de Informação, 1994. 320 p.

POTT, V.J.; POTT, A. **Plantas aquáticas do Pantanal**. Brasília: Embrapa, 2000. 404 p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; EICHHORN, S.E. **Biologia vegetal.** 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 906 p.

RASID, H.; MALLIKA, A. U. Root-shoot characteristics of riparian plants in a flood control channel: implications for bank stabilization. **Ecological Engineering**, v. 2, n. 2, 1993, p. 149–158.

RIBEIRO, J.P.N.; MATSUMOTO, R.S.; LIMA, M.I.S. The effects of seasonal change of water level in an estuary on *Ludwigia octovalvis* (Jacq.) P. H. Raven (Onograceae) growth. **Acta Botânica Brasílica**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 886-890, 2012.

ROCHA, D.C.; MARTINS, D. Adaptações morfoanatômicas de Cyperaceae ao ambiente aquático. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 7-15. 2011.

RODRIGUES, A.C.; ESTELITA, M.E.M. Anatomia da raiz de *Cyperus giganteus* Vahl (Cyperaceae) em desenvolvimento. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 629-638, out./dez. 2004.

SANTOS, A.B.; REIS Jr., F.B.; LOPES, A.A.C.; MENDES, I.C.; SIMON, M.F.; FARIA, S.M.; LOUREIRO, M.F.; GROSS, E.; ELLIOTT, G.N.; BONTEMPS, C.; YOUNG, J.P.W.; SPRENT, J.I.; JAMES, E.K. Avaliação da capacidade simbiótica de estirpes de “beta-rizóbios” isoladas de nóculos de diferentes espécies de *Mimosa*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE SAVANAS TROPICAIS, 2.; SIMPÓSIO NACIONAL DO CERRADO, 9., 2008, Brasília. **Anais...** Brasília, 2008.

SCHIECHTL, H. M.; STERN, R. **Water bioengineering techniques**: for watercourse, bank and shoreline protection. Oxford-UK: Blackwell Publishing Limited, 1997. 186 p.

SCREMIM-DIAS, E. A plasticidade fenotípica das macrófitas aquáticas em resposta à dinâmica ambiental. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 51., 2000, Brasília. **Palestra...** Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. p. 187-194.

SCULTORPE, C.D. **The biology of aquatic vascular plants**. London: Edward Arnold, 1975. 610 p.

SINGH, H.P.; SINGH, B.B.; RAM, P. Submergence tolerance of rainfed lowland rice: search for physiological marker traits. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 158, p. 883-889, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Ecofisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 819 p.

TANAKA, R.H.; CARDOSO, L.R.; MARTINS, D.; MARCONDES, D.A.S.; MUSTAFÁ, A.L. Ocorrência de plantas aquáticas nos reservatórios da Companhia Energética de São Paulo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, p. 99-111, 2002.

THOMAZ, S.M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, p. 21-33, 2002.

TSUTSUMI, D.; KOSUGI, K.; MIZUYAMA, T. Three-dimensional modeling of hydrotropism effects on plant root architecture along a hillslope. **Vadose Zone Journal**, Madison- WI, v. 3, p. 1017-1030, 2004.

YULE, T.S.; PEREIRA, A.P.T.; MEDEIROS, S.C.H. de; HOLSBACK-MENEGUCCI, Z.R.; RODRIGUES, J.; SCREMIN–DIAS, E. Efeito da hipoxia na germinação de *Mimosa pellita* humb. & bonpl. Ex willd. (Fabaceae, Mimosoideae). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9.,, 2009, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2009. p. 1-3.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto de uma floresta, a contribuição das arbóreas para prevenir ou conter processos erosivos ocorre conjuntamente com espécies de outros hábitos ocupando o subbosque e o estrato herbáceo-arbustivo. Além da possibilidade de fornecer reforço ao solo por meio do atirantamento de suas raízes, a contribuição das arbóreas para a contenção da erosão superficial pode se dar de várias outras maneiras no contexto de um ecossistema florestal, seja pelo amortecimento das gotas de chuva por meio de sua copa, evitando que esta atinja diretamente o solo, seja na absorção da água do solo e devolução de grande parte para a atmosfera na forma de evapotranspiração, como na produção de serapilheira que por sua vez exerce proteção mecânica superficial, retenção e infiltração hídrica. As espécies arbóreas são as que mais contribuem para a conservação do solo por meio do ciclo biogeoquímico, devido à maior produção de biomassa, e, consequentemente de matéria orgânica que retorna ao solo a partir da decomposição da serapilheira, proporcionando equilíbrio ao solo e sustentabilidade ao ecossistema florestal.

As arbóreas de estádios sucessionais mais avançados (não-pioneiras ou secundárias tardias e clímax), entretanto, apresentam crescimento mais lento que as pioneiras e secundárias iniciais. As arbóreas não pioneiras iniciam sua contribuição para a proteção do solo contra a erosão somente após superar a fase mais vulnerável como plântula, desenvolvendo-se gradativamente até alcançar o porte das arbustivas. A partir daí é que as arbóreas não pioneiras, passam a se diferenciar, não tanto pelo crescimento em altura, mas, principalmente pela ampliação e adensamento de suas copas e aprofundamento de suas raízes. Sua contribuição tende a ser maior com a estruturação da floresta, ou seja, com o avanço dos estádios sucessionais, principalmente quando as copas se encontram e se sobrepõem, formando um filtro de amortecimento ao impacto das gotas de chuva. Esta proteção é ainda reforçada pelos estratos intermediários e inferiores, além da cobertura de serapilheira sobre o solo.

No processo de regeneração natural, a contribuição inicial é das espécies pioneiras dos mais variados hábitos (Etapa 1), vindo em sequência as secundárias iniciais, tardias e clímax (Etapas 2 e 3). Entretanto, até que a copa destas arbóreas atinja determinado grau de desenvolvimento que possa proteger o solo da erosão,

há um período considerável, e os processos erosivos e as espécies exóticas invasoras nem sempre podem “esperar”. Principalmente em solos desnudos, em faixas ou trechos restaurados com espécies de crescimento mais lento, o solo fica vulnerável nesse período de espera, não sendo raro observar áreas sofrendo por processos erosivos ou dominados por espécies invasoras devido às lacunas deixadas por arbóreas não-pioneiras que não sobreviveram logo após a fase de plantio.

Em zonas de maior declividade e instabilidade nas margens de corpos hídricos, as gramíneas podem ser as mais eficazes para a proteção ao solo por crescerem mais rapidamente que uma massa densa de arbustos. Caso o processo erosivo não seja tão intenso ao ponto de ser necessária a aplicação exclusiva de gramíneas, a consorciação destas com espécies arbustivas pode ser uma alternativa para evitar que as primeiras se alastrem demasiadamente, havendo ainda a possibilidade de consorciação de espécies produtoras de serapilheira com espécies mais eficazes no controle da erosão em curto prazo, como observado em um estudo comparando o desempenho de gramíneas e arbustivas (BOCHET et al., 1998).

Enquanto os plantios homogêneos favorecem a competição, causando desperdício energético, a máxima diversificação de espécies favorece o preenchimento de um número maior de nichos ecológicos, resultando em maior utilização do espaço (VAN DERSAL, 1939 apud ESTADOS UNIDOS, 2006). A variedade de hábitos e ciclo de vida está relacionada às distintas estratégias de sobrevivência desenvolvidas evolutivamente, próprias de cada táxon, e que possibilitaram a sua manutenção no ecossistema. A possibilidade de consorciação entre espécies de diferentes hábitos e ciclo de vida ocupando nichos distintos e formando associações pode representar estratégia importante para o controle de erosão e restauração. Se mais espécies puderem coexistir sem que a competição gere desequilíbrios populacionais, mais favorecerá para que o solo não fique descoberto e vulnerável aos processos erosivos, assim como para que a recuperação da biodiversidade possa ocorrer mais rapidamente.

Segundo Van Dersal, 1939 (apud ESTADOS UNIDOS, 2006), em áreas totalmente destituídas de cobertura florestal, a superfície do solo pode ser inicialmente protegida por coberturas formadas por herbáceas, subarbustivas,

arbustivas, formando uma biomassa densa de ramos e folhas e serapilheira por eles produzidos, de modo que tanto o *runoff* como a remoção do solo pelo impacto das gotas de chuva podem ser reduzidos a um mínimo.

Mas, além da diversidade de espécies, a identificação de características funcionais tais como ramos, folhas e a morfologia da planta podem proporcionar efeito considerável na dinâmica do processo erosivo e perdas de solo por meio da retenção de sedimentos transportados durante o *runoff* concentrado. Segundo Burylo et al. (2012a**)**, além dos efeitos específicos de cada espécie, devem ser considerados os efeitos da combinação de espécies, e sus respectivas densidades, que abrange não somente a interceptação pela(s) copa(s), como o escorrimento pelos troncos.

Na maioria dos esforços para a reabilitação de áreas, o propósito primordial é acelerar o processo de regeneração natural ou o processo de sucessão vegetal, seja por meio de intervenções a partir de material vegetal de espécies de estádios sucessionais distintos ou proporcionar meios de acelerar o crescimento nas fases iniciais (PHILLIPS, 2005).

Espécies arbóreas de porte médio ou acima, por tornarem-se mais pesadas e muitas vezes altas, em situações de declividade mais acentuada, de instabilidade do solo, de solo mai raso, ou de ventos mais fortes, apresentam maior risco de queda pelo “efeito alavanca” durante sua fase inicial de desenvolvimento, até que suas raízes e sua copa consigam exercer proteção ao solo. Assim, nas margens de corpos hídricos, estas arbóreas nem sempre podem ser aplicadas diretamente em zona íngreme dos diques marginais muito próximas ao canal fluvial, devido aos riscos de queda sem que se faça anteriormente uma preparação para a sua instalação. O mesmo princípio se aplica a encostas de reservatórios, onde muitas vezes os taludes construídos são íngremes. Diferentemente, subarbustivas e arbustivas são mais leves e de ráido crescimento, e podem formar uma proteção inicial mais adequada em terrenos de declividade mais acentuada.

Enquanto nas práticas de restauração ecológica convencionais busca-se acelerar o processo sucessional com uso de espécies arbóreas pioneiras e não pioneiras, em áreas de instabilidade sofrendo processos erosivos e vulneráveis à invasão de espécies exóticas, a ordem de prioridade para a introdução de espécies

requer modificações. Inicialmente devem ser priorizadas as pioneiras de hábitos subarbustivo, arbustivo e arbustivo-arbóreo ou arbóreas de porte pequeno (herbáceas dicotiledôneas e trepadeiras e lianas em casos mais específicos) (Etapa 1). As arbóreas pioneiras e secundárias iniciais de porte médio ou acima podem ser introduzidas em etapa subsequente, somente após a estabilização do terreno, controle da erosão e de invasoras (Etapa 2) e por último as secundárias tardias e clímax (Etapa 3).

Em situações em que uma área sofre por processos erosivos, uma vez tomadas as medidas necessárias de remoção de fatores de degradação e manejo do solo, deve-se fazer a seleção de espécies a serem plantadas nas fases iniciais. As espécies mais adequadas para controlar a erosão em curto prazo devem ser de rápido crescimento, uma vez que quanto mais rápido for o crescimento, mais rápida a proteção do solo. Entretanto, espécies de rápido crescimento, normalmente possuem ciclo de vida curto, e, uma vez controlados os processos erosivos, estas não fornecerão sustentabilidade ao ecossistema, devendo ser substituídas por espécies que permanecerão na comunidade em médio e longo prazo. Assim, se considerada a escala temporal de médio e longo prazo, secundárias iniciais, tardias e clímax, ou mesmo de outros hábitos como espécies arbustivas de subbosque passam a ser consideradas potenciais para a seleção de espécies.

A questão parece depender do prazo ou de quanto tempo se dispõe para que as espécies de ciclo de vida mais longo possam contribuir numa área sofrendo processos erosivos, sem que esta área se torne ainda mais degradada. Assim, se a introdução de espécies dos estádios sucessionais seguintes (Etapas 2 e 3) puder ser antecipada para a Etapa 1, com chances de sobrevivência das espécies, e sem interfência tanto na sobrevivência como no desenvolvimento de espécies introduzidas na Etapa 1 para controlar a erosão, estas seriam benvindas.

A consorciação de espécies pioneiras herbáceas dicotiledôneas, subarbustivas, arbustivas, arbustivo-arbóreas e arbóreas de pequeno porte pode ser a mais apropriada quando os objetivos incluem tanto a proteção do solo para o recobrimento vegetal em curto prazo para controle de erosão, como a sua recuperação por meio do input de matéria orgânica em sítios muito degradados, de acordo com os objetivos pretendidos para a Etapa 1. Uma vez controlado o processo

erosivo, espécies não-pioneiras deverão ser introduzidas para dar continuidade à proteção do solo em médio e longo prazo, fornecendo sustentabilidade ao ecossistema em processo de restauração (Etapas 2 e 3).

As herbáceas (principalmente monocotiledôneas) e subarbustivas podem ser mais eficazes contra os processos erosivos superficiais, devido à combinação do seu sistema aéreo rizomatoso, cespitoso, decumbente, com seu sistema radicular fasciculado e fibroso, que possibilita recobrir rapidamente a superfície do solo, protegendo-o dos impactos das gotas de chuva e do *runoff*. Por tais razões, são indicadas para controlar processos erosivos em zonas de declividade acentuada, de bordadura de vegetação arbustivo-arbórea, arbórea, ou mesmo áreas muito úmidas ou muito secas das margens de corpos hídricos (diques marginais, encostas de reservatórios e taludes). Entretanto, embora as herbáceas e subarbustivas possam proteger as camadas superficiais do solo, podem não fornecer raízes suficientemente profundas para estabilizar totalmente uma encosta íngreme.

Em comparação, as arbustivas e arbustivo-arbóreas podem possuir tanto o sistema radicular fasciculado, que contribui para conter a erosão superficial, como o sistema radicular pivotante, que promove seu atirantamento ou ancoramento, propiciando sustentação de volumes de solo pelo tensionamento do sistema radicular e estabilização de camadas subsuperficiais do solo em zonas de declividade mais acentuada (definição dos termos disponível em TOGNON, 2012).

Algumas espécies, principalmente leguminosas de rápido crescimento, sejam elas de hábito subarbustivo, arbustivo e arbustivo-arbóreo, podem contribuir mais especificamente para a ciclagem de nutrientes por meio da deposição acelerada de serapilheira, que além de revestir o solo acelera sua recuperação física, química e biológica. O *input* de matéria orgânica e o desenvolvimento de microorganismos do solo contribui para o restabelecendo das condições edáficas, recuperação em médio e longo prazo, e sustentabilidade do sistema.

Estados Unidos (1997) e Meyer et al. (1995) destacam o potencial das gramíneas de revestir o solo formando “tapetes”, como de formar “barreiras vegetais” ou “cordões vegetados” para controlar a erosão em zonas de declividade acentuada. Identificar e diferenciar espécies nativas de modo a selecionar aquelas com formas de crescimento e alturas capazes de reduzir a exposição do solo aos agentes

erosivos como um primeiro passo para controlar a erosão, a sedimentação, as espécies invasoras e aumentar a biodiversidade (SIMCOCK et al., 2005). Tomando-se como base a descrição das espécies no âmbito do presente trabalho, principalmente quanto ao hábito de crescimento e morfologia, bem como as considerações feitas por diversos autores, tais como Gray e Sotir (1996), e também Stokes et al. (2008), as espécies de hábito herbáceao, subarbustivo e arbustivo podem ser as que reúnem os quesitos quanto ao potencial para capturar e reter sedimentos, amortecer os impactos das gotas de chuva e apresentar pequeno porte e rápido crescimento.

Dentre as espécies herbáceas, subarbustivas e arbustivas, podem ocorrer aquelas, mesmo nativas, com elevado potencial de dispersão, propagação e competição por recursos, exigindo-se o manejo e outros cuidados para que determinadas espécies não se tornem excessivamente dominantes na comunidade. Gramíneas e afins, por exemplo, requerem cuidado maior, pois, comumente possuem vantagens para competir em relação aos demais grupos, além do rápido crescimento. Sua seleção para em experimentos para controle de erosão deve restringir-se em faixas estreitas de proteção, nunca em grande escala, procurando-se sempre incluir outros grupos em seu entorno, com função de recuperação do solo e recuperação da biodiversidade, evitando que se tornem excessivamente dominantes.

A diversidade de hábitos, morfologias do sistema radicular e aéreo, hábitos de crescimento, porte dos indivíduos, ciclo de vida, dentre outras características podem refletir não apenas estratégias distintas de sobrevivência, mas a possibilidade de ocupação de nichos distintos que propicie menos competição e mais equilíbrio quanto à utilização e/ ou partição de recursos, e que poderia favorecer a coexistência das espécies, e, consequentemente a proteção, recuperação do solo e da biodiversidade.

Além das características individuais de cada espécie, os critérios para seleção de espécies potenciais devem considerar as estratégias reprodutivas e de propagação, requerendo-se estudos para espécies nativas de hábitos herbáceo, subarbustivo, arbustivo.

Para a seleção de espécies potenciais visando sua aplicação em experimentos para o controle de processos erosivos, é preciso considerar, anteriormente as possíveis adversidades (clima, erosão, topografia, espécies invasoras, níveis de degradação do solo, disponibilidade hídrica, etc.) e estratégias de sobrevivência das espécies a serem implementadas, quais são suas características e seu papel funcional no sítio a ser recuperado visando rebilitar serviços ecossistêmicos gradativamente (Etapa 1), sem perder de vista a restauração (Etapas 2 e 3). E, apesar de um maior número de hábitos e formas de vida, com sua gama de variações ecológicas serem desejáveis em uma mesma área, inclusive pelo potencial de aumentar as chances de recobrimento do solo, a simples diversidade de espécies não implica por si só a garantia do rápido recobrimento vegetal adensado e muito menos o controle de processos erosivos. Assim, além dos atributos básicos, como saber se a espécie é nativa e adaptada às condições do local, convém primeiramente a identificação de características funcionais das plantas, tais como o hábito de crescimento, morfologia do sistema aéreo e radicular, ciclo de vida, grupo ecológico, grupo funcional, para então se fazer a seleção de espécies e o delineamento experimental.

A partir da literatura consultada para o capítulo2, observou-se a existência de metodologias distintas aplicáveis à avaliação dos efeitos das plantas para o controle de erosão e transporte de sedimentos, seja por meio de estudos em campo, simulações em condições controladas, modelagem a partir de dados específicos. Além disso, diversos parâmetros correspondentes às características/ atributos das espécies podem ser considerados como indicadores nas metodologias de avaliação, tais como largura e comprimento de copa, cobertura de copa, área de projeção da copa, altura dos indivíduos, biomassa aérea, biomassa radicular, densidade de ramos, área da seção transversão das raízes, área da superfície foliar, tipo e dimensões das folhas, disposição e inclinação dos ramos e folhas, disposição das folhas nos ramos, dentre outros.

E, não somente as características próprias de cada espécie e respectivos critérios de seleção como por exemplo o hábito de crescimento, morfologia do sistema aéreo, morfologia do sistema radicular e idade da planta, mas, diversos outros fatores contribuem simultaneamente para os resultados. Assim, mesmo selecionando-se as mesmas espécies ou espécies de um determinado hábito para

um mesmo objetivo, os resultados podem variar conforme as metodologias adotadas em cada trabalho, clima, solo, relevo, influência de distúrbios, histórico da região, intensidade e frequência da chuva durante a realização de experimentos, diversidade de situações e contexto dos locais de estudo. Nesse sentido, considerando-se as dificuldades para a definição de critérios de seleção de espécies conforme o hábito devido à sobreposição de suas funções, propôs-se a ordenação dos critérios de seleção conforme o potencial para o cumprimento de determinadas funções e fornecimento de serviços ecossistêmicos, conforme apresentado a seguir (**Tabela 24**).

Tabela 24 – Potencial de contribuição de hábitos distintos para o cumprimento de determinadas funções e serviços ecossistêmicos na Etapa 1 da restauração de ecossistemas degradados

Hábitos	Funções	Serviços
• Herbáceas (inclusive gramíneas e afins) • Subarbustivas • Arbustivas • Arbustivo-árbóreas • Lianas e trepadeiras	• Revestimento • Recobrimento • Retenção hídrica • Infiltração hídrica • Redução do runoff • Retenção de sedimentos • Input de serapilheira • Grampeamento do solo • Atirantamento do solo	Controle de erosão e proteção do solo
	• Fixação de N2; • Input de matéria orgânica (e nutrientes) • Descompactação/ porosidade • Infiltração hídrica • Retenção hídrica • Amenização da temperatura • Recuperação da micro e mesobiota do solo	Recuperação do solo
	• Fornecimento de recursos à fauna • Fornecimento de abrigo à fauna • Atração de polinizadores • Atração de dispersores • Interações com a fauna	Recuperação da diversidade

E, a partir da estrutura metodológica apresentada no capítulo 2, literatura consultada e resultados da avaliação dos 43 táxons, foram sugeridos descritores, funções e serviços para os alguns critérios de seleção de espécies (ex.: morfologia do sistema radicular e aéreo, hábito de crescimento, ciclo de vida, grupo ecológico, leguminosas nodulíferas, grupo funcional) visando o controle de erosão e restauração na Etapa 1, conforme apresentado a seguir (**Tabela 25)**:

Tabela 25A – Estrutura metodológica com exemplos de descritores (características das espécies), funções e serviços aplicáveis à "morfologia do sistema radicular", definida como um dos critérios de seleção de espécies potenciais. (continua...)

Critério de seleção	Descritores	Funções	Serviços
• Morfologia (sistema do radicular)	• Raízes superficiais expandidas e densas • Rápido desenvolvimento das raízes	• Recobrimento superficial de raízes • Retenção superficial de sedimentos • Grampeamento do solo	• Proteção superficial (runoff) • Controle da erosão superficial (formação de sulcos e ravinas)
	• Raízes múltiplas, fortes (médias a profundas) • Tempo intermediário de desenvolvimento das raízes	• Grampeamento do solo • Ancoramento subsuperficial do solo • Reforço e suporte a volumes de solo	• Proteção subsuperficial • Prevenção de movimentação leve de solo em encostas, taludes
	• Raízes múltiplas, fortes (profundas a muito profundas) • Lento desenvolvimento das raízes • Elevada proporção na biomassa de ramos e raízes	• Ancoramento profundo do solo • Reforço e suporte a volumes de solo	• Proteção subsuperficial • Prevenção de movimentação leve de solo em encostas, taludes

Tabela 25B – Estrutura metodológica simplificada com exemplos de descritores (características das espécies), funções e serviços aplicáveis à "morfologia do sistema aéreo", "hábito de crescimento" e demais critérios de seleção de espécies potenciais. (...continuação...)

Critério de seleção	Descritores	Funções	Serviços
Principal • Morfologia (sistema aéreo) • Hábito de crescimento Complementar • Ciclo de vida • Grupo ecológico	• Tipo1: Rizomatoso e fibroso, colmos curtos, desenvolvimento horizontalizado, prostrado a decumbente, perene • Tipo 2: Touceiras robustas, densas ou fechadas, folhas a partir da base, folhagem espessa e firme, colmos firmes ou flexíveis mas resistentes, perene • Tipo 1 e 2: rápido crescimento, pioneira	• Tipo 1: Recobrimento vegetal (revestimento superficial) • Tipo 1: Competição com exóticas invasoras • Tipo 2: Formação de barreiras vegetais	• Tipo 1: Proteção superficial (efeito *splash*) , inibição de exóticas invasoras • Tipo 2: Contenção de runoff e fluxo concentrado • Tipo 2: Captura e retenção de sedimentos • Tipos 1 e 2: Controle de erosão pluvial (formação de sulcos, ravinas)
	• Folhagem densa a partir da base, folhas espessas, firmes e robustas • Moitas robustas e fechadas • Ramos/ colmos múltiplos, flexíveis mas resistentes • Copa pequena, fechada e baixa • Perene, rápido crescimento, pioneira • Habilidade para rebrotar após distúrbio	• Formação de barreiras vegetais • Competição com exóticas invasoras	• Proteção superficial (efeito *splash)* • Contenção de *runoff* e fluxo concentrado • Captura e retenção de sedimentos • Controle de erosão pluvial (formação de sulcos, ravinas) • Inibição de exóticas invasoras
	• Ramos múltiplos e flexíveis • Copa ramificada, folhagem densa • Copa pequena a média, altura baixa • Perene, rápido crescimento, pioneira • Habilidade para rebrotar após distúrbio	• Recobrimento vegetal adensado (interceptação e amortecimento da chuva) • Sombreamento de exóticas invasoras	• Proteção superficial (efeito *splash)* • Controle de erosão pluvial (formação de sulcos, ravinas) • Inibição de exóticas invasoras
	• Ramos múltiplos, flexíveis e fortes • Copa ramificada, folhagem densa • Copa de tamanho médio, altura média • Ramos laterais de crescimento rápido		
	• Entouceirado, folhas a partir da base • Média a alta intensidade de caules, colmos, ramos • Colmos longos, caules e ramos flexíveis mas resistentes • Copa densa, fechada e baixa	• Formação de barreiras vegetais • Recobrimento vegetal (revestimento) • Competição com exóticas invasoras	• Contenção de fluxo superficial e vazão • Captura e retenção de sedimentos • Controle de erosão fluvial (lateral e solapamento) • Inibição de exóticas invasoras

Tabela 25C – Estrutura metodológica simplificada com exemplos de descritores (características das espécies), funções e serviços, aplicáveis às "Leguminosas nodulíferas" e demais critérios de seleção de espécies potenciais. (...conclusão)

Critério de seleção	Descritores	Funções	Serviços
Principal • Leguminosas nodulíferas Complementar • Ciclo de vida • Grupo ecológico • Grupo funcional	Principal • Fixadora de N2 Complementar • Anual, bianual • Crescimento rápido • Decídua	• Deposição de serapilheira em curto prazo • Input de matéria orgânica em curto prazo • Input de nutrientes em curto prazo • Competição com exóticas invasoras	Diretos: • Recuperação do solo Indiretos: • Proteção superficial (efeito *splash*) • Controle de erosão pluvial (formação de sulcos, ravinas) • Inibição de exóticas invasoras
	Principal • Fixadora de N2 Complementar • Perene • Crescimento intermediário • Perenifolia	• Deposição de serapilheira em médio prazo • Input de matéria orgânica em médio prazo • Input de nutrientes em médio prazo • Supressão de exóticas invasoras	
	Principal • Fixadora de N2 Complementar • Perene • Crescimento lento • Perenifolia	• Deposição de serapilheira em longo prazo • Input de matéria orgânica em longo prazo • Input de nutrientes em longo prazo • Sombreamento de exóticas invasoras	

Os resultados obtidos no capítulo 3 mostraram que a maioria das sementes das espécies não apresentou problemas para germinar, embora a escarificação para quebra de dormência tegumentar seja necessária em alguns casos. Tais informações, ainda que preliminares e direcionadas ao contexto regional, obtidas em viveiro da região onde as espécies ocorrem na natureza, deverão dar suporte quanto às possibilidade de propagação no campo, facilitando a indicação destas espécies na fase de planejamento de práticas de restauração, podendo ser testadas tanto na forma de mudas como por meio de semeadura direta.

A partir dos resultados obtidos nos capítulos 2 e 4, verificou-se que as espécies de um modo geral podem ser classificadas segundo suas preferências hídricas, podendo ser subdivididas em categorias mais gerais como “não alagável”, “alagável” e “alagado”, como em mais específicas, ao longo de um gradiente maior de disponibilidade hídrica do solo, como exemplificado na **Tabela 26** . Acredita-se que esse tipo de classificação teórica poderá facilitar o enquadramento das espécies para que possam ser indicadas em projetos para controle de erosão e restauração.

Tabela 26 - Gradiente de disponibilidade hídrica do substrato, ambiente e estratégia de sobrevivência das espécies

NÃO-ALAGÁVEL				ALAGÁVEL		ALAGADO
-	+-	+	++	+++	++++	+++++
solo drenado				alagamento sazonal por curto período	alagamento por longo período	alagamento permanente
seco	médio	úmido	muito úmido			
AMBIENTE						
terrestre					transição	aquático
ESTRATÉGIA DE SOBREVIVÊNICA						
terrícola					transição	aquática (emergente)

+++++	Alagado: Espécies hidrófitas ou aquáticas emergentes: adaptadas ao alagamento permanente, suportam períodos sem alagamento, mas necessitam do solo permanentemente encharcado.
++++	Alagável (alagamento por longo período: semanas a meses): “Espécies higrófilas, tolerantes a solos permanentemente encharcados, suportam inundações por longo tempo... (+++)” (CRESTANA, 2004)
+++	Alagável: Espécies higrófilas, tolerantes a encharcamentos e alagamentos sazonais (dias a semanas).
++	Muito úmido: Espécies que se desenvolvem melhor em solos úmidos, com tolerância a pouco encharcamento e inundações de curto período (horas) (adaptado de CRESTANA, 2004).
+	Solo drenado úmido: “Espécies que gostam de uma certa umidade no solo, mas também toleram períodos de seca... (+)” (CRESTANA, 2004).
+-	Solo drenado médio: “Espécies que toleram uma certa umidade ocasional, porém preferem solos drenados a seco... (+-)” (CRESTANA, 2004).
--	Solo drenado seco: “Espécies tolerantes a longos períodos de seca...(--)” (CRESTANA, 2004).

5.1 Conclusões

Identificar as caracterísicas das espécies nativas de hábitos distintos, tais como hábito de crescimento, morfologia do sistema aéreo e radicular, ciclo de vida e adaptações ao ambiente, e compreender suas respectivas funções para a redução de processos erosivos seria um primeiro para passo para a restauração de outros serviços ecossistêmicos como a recuperação do solo e da biodiversidade.

Para a avaliação do potencial das espécies, a combinação de critérios como microhabitat de ocorrência, hábito de crescimento e morfologia do sistema aéreo e radicular e ciclo de vida das espécies pode ser um passo importante em práticas para a restauração ecológica, principalmente para superar problemas na sua fase inicial, como conter processos erosivos e espécies invasoras, recomendando-se estudos nessa linha.

As diferenças observadas na produção de biomassa por plântula e por compartimento nos diferentes tratamentos podem, em um certo grau, estarem refletindo tanto as preferências hídricas como as estratégias adaptativas das espécies para se desenvolverem e sobreviverem em gradientes de umidade dentro do microhabitat de ecossistemas ribeirinhos alocam sua energia em diferentes microhabitats ripários, representados pelos diferentes tratamentos.

O desenvolvimento de biomassa de plântulas após simulação de alagamento, juntamente com as características morfológicas do sistema aéreo e radicular podem ser considerados critérios biotécnicos para a seleção de espécies potenciais visando o controle de erosão e estabilização de diques marginais.

GLOSSÁRIO

Arbusto: vegetal que na fase adulta é lenhoso, tem ramos laterais desde a base ou próximo dela e possui de 1 a 5 m de altura (IBGE, 2012). (Obs.: Para o propósito do presente estudo indivíduos com 1 a 3 m de altura foram considerados como de hábito arbustivo, e aqueles com 3 a 5 m e/ou DAP menor que 5 cm como de hábito arbustivo-arbóreo).

Argissolos: solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo, ainda, os seguintes requisitos: horizonte plíntico, se presente, não satisfaz os critérios para Plintossolo; horizonte glei, se presente, não satisfaz os critérios para Gleissolo. São de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados. A textura varia de arenosa a argilosa no horizonte A e de média a muito argilosa no horizonte Bt, sempre havendo aumento de argila daquele para este. São forte a moderadamente ácidos, com saturação por bases alta, ou baixa, predominantemente cauliníticos e com relação molecular Ki, em geral, variando de 1,0 a 3,3. 75 (EMBRAPA, 2009).

Árvore: vegetal que na fase adulta é lenhoso, possui no mínimo 5 m de altura e tem tronco bem-definido com ramos situados apenas na parte superior, formando uma copa (IBGE, 2012). (Obs.: Para o propósito do presente estudo, indivíduos maiores que 5 m de altura e/ou DAP maior que 10 cm foram considerados de hábito arbóreo, e, indivíduos com 3 a 5 m de altura e/ou DAP entre 5 e 10 cm foram considerados como de hábito arbóreo de pequeno porte ou arvoretas).

Erva: planta, geralmente de pequeno porte, cujo caule não possui tecido lenhoso (IBGE, 2012).

Espécies daninhas (pestes): são aquelas que crescem onde não são desejadas pelas pessoas e seu uso é de sentido prático, antropocêntrico, que vai contra os interesses humanos, e não ecológicos. Uma planta desejada em um local pode ser indesejada em outro e, nesse local indesejado, será considerada daninha. E embora

muitas plantas daninhas sejam exóticas invasoras, plantas daninhas não necessariamente são exóticas (PYŠEK et al., 2004; MORO et al., 2012).

Espécies exóticas (ou alienígenas, introduzidas, não nativas, não indígenas): são aquelas cuja ocorrência no novo local ou região é decorrente de envolvimento humano intencional ou acidental. As não nativas cultivadas são inclusas nesta categoria. (PYŠEK et al., 2004; MORO et al., 2012).

Espécies exóticas casuais: são espécies exóticas que, ao chegarem a uma nova região, conseguem eventualmente produzir descendentes, mas não são capazes de manter uma população viável no ambiente sem a intervenção humana direta e, se não forem ativamente cultivadas, acabam por extinguir-se do local de introdução (estabelecido como menos uma década). Neste grupo também estão as “espécies persistentes após cultivo”, comuns em áreas agrícolas, que seriam as espécies exóticas transientes (RICHARDSON et al., 2000 apud PYŠEK et al., 2004; MORO et al., 2012).

Espécies invasoras: são espécies exóticas que conseguem se reproduzir de modo eficaz, produzindo descendentes férteis em grande número, com potencial para se dispersar até longas distâncias do local de origem e invadir novas áreas para onde foram levadas. O que define se uma espécie exótica tornou-se ou não invasora é a sua capacidade de dispersão e de se espalhar na nova região e, não necessariamente sua agressividade na competição com as espécies nativas (PYŠEK et al., 2004).

Espécies nativas (ou indígenas ou autóctones): são aquelas que ocorrem naturalmente em um dado local porque evoluíram ali, ou porque evoluíram em outros locais e se dispersaram sem ajuda humana até atingir sua atual distribuição geográfica. Sua presença se deve à sua própria capacidade dispersiva e competência ecológica, ou com ajuda de organismos mutualistas não humanos. Biogeograficamente, o nome nativo está vinculado às áreas e ecossistemas onde uma planta ocorre naturalmente, sem fronteiras geopolíticas (PYŠEK et al., 2004; MORO et al., 2012).

Espécies naturalizadas (ou plantas estabelecidas): são espécies exóticas capazes de estabelecer uma população autoperpetuante sem intervenção humana direta, reproduzindo-se de modo consistente por meio de sementes ou vegetativamente por pelo menos uma década (PYSEK et al., 2004), mas que não se dispersaram para longe do local de introdução. Uma espécie naturalizada pode vir a se tornar invasora, embora parte das espécies naturalizadas nunca se tornam invasoras de fato (RICHARDSON et al., 2000 apud PYŠEK et al., 2004; MORO et al., 2012).

Espécies ruderais: são espécies nativas ou exóticas que ocorrem em ambientes altamente perturbados e/ou degradados pela ação humana. Sua rusticidade pode, muitas vezes, superar os impactos antrópicos e, eventualmente iniciar o processo de sucessão ecológica (PYŠEK et al., 2004; MORO et al., 2012).

Espécies transformadoras: são plantas exóticas invasoras que alteram a composição e estrutura da vegetação e caracterizam-se como altamente agressivas, pois invadem ecossistemas naturais, ameaçando a biodiversidade nativa, sendo denominadas como "espécies invasoras transformadoras de ecossistemas" (RICHARDSON et al., 2000 apud PYŠEK et al., 2004).

Latossolos: solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B latossólico imediatamente abaixo de horizonte A. São solos não-hidromórficos, profundos (normalmente superiores a 2 m), horizontes B muito espessos (> 50 cm) com seqüência de horizontes A, B e C pouco diferenciados; A sílica (SiO2) e as bases trocáveis (em particular Ca, Mg e K) são removidas do sistema, levando ao enriquecimento com óxidos de ferro e de alumínio que são agentes agregantes, dando à massa do solo aspecto maciço poroso; apresentam estrutura granular muito pequena; são macios quando secos e altamente friáveis quando úmidos. Apresentam teor de silte inferior a 20% e argila variando entre 15% e 80%. São solos com alta permeabilidade à água, podendo ser trabalhados em grande amplitude de umidade. Os latossolos são muito intemperizados, com pequena reserva de nutrientes para as plantas, representados normalmente por sua baixa a média capacidade de troca de cátions. Mais de 95% dos latossolos são distróficos e ácidos, com pH entre 4,0 e 5,5 e teores de fósforo disponível extremamente baixos,

quase sempre inferiores a 1 mg/dm³. A fração argila dos latossolos é composta principalmente por caulinita, óxidos de ferro (goethita e hematita) e óxidos de alumínio (gibbsita). Alguns latossolos, formados de rochas ricas em ferro, apresentam, na fração argila, a maghemita e, na fração areia, a magnetita e a ilmenita. A esses últimos, estão associados os elementos-traço (micronutrientes) como o cobre e o zinco, importantes para o desenvolvimento das plantas (EMBRAPA, 2009). Os Latossolos são denominados Vermelho-Escuros (LE) quando há teores de ferro obtidos pelo ataque sulfúrico entre 8 e 18%. Desenvolvem-se a partir de arenitos, calcários, gnaisses e mesmo de materiais retrabalhados e pré-intemperizados referentes à cobertura detrito-laterítica,entre outros materiais. Em razão disso, são de fertilidade e textura muito variadas, sendo encontrados solos distróficos, álicos e eutróficos e de textura que vai de franco arenosa a muito argilosa, constituindo-se, pois, em uma classe relativamente heterogênea. Encontram-se amplamente distribuídos nos estados do Mato Grosso do Sul, Paraná, São Paulo. De acordo com a proporção mineralógica da fração (caulinita, gibbsita, goethita e hematita), pode ocorrer LE extremamente intemperizados (oxídicos), como mais cauliníticos (KER, 1998).

Liana: planta de caule lenhoso ou herbáceo, longo, flexível, que cresce apoiada em árvores ou arbustos. Apresenta caule e ramos que podem simplesmente serpentear ao longo do tronco e galhos do suporte, ou serem volúveis e neles se enroscarem, ou ainda, serem providos de estruturas de fixação, como gavinhas e grampos ou unhas (IBGE, 2012).

Plantas agressivas: algumas espécies nativas podem apresentar vigor excessivo e/ ou agressividade na competição, exercendo pressão sobre outras espécies consideradas mais importantes. Incluir ou excluir espécies sem a certeza de sua agressividade não é uma tarefa fácil, embora certa agressividade seja uma característica necessária para controlar o processo erosivo num determinado local. Entretanto, se existe o risco destas espécies se espalharem e se tornarem um transtorno porque são de difícil erradicação e escapam ao controle, a precaução e o bom senso sugerem que estas sejam substituídas por outras. Espécies nativas não costumam ser agressivas tanto quanto espécies exóticas, embora mesmo para espécies nativas, estudos populacionais, monitoramento e divulgação em banco de

dados em escala nacional são sempre importantes, de modo a fornecer suporte para programas de controle de erosão e restauração (VAN DERSAL (1939 apud ESTADOS UNIDOS, 2006).

Subarbusto: vegetal que na fase adulta é semilenhoso ou lenhoso só na base, e tem altura inferior a 1 m (IBGE, 2012).

ANEXOS

Anexo A - Dados de temperatura: média, máxima absoluta e mínima absoluta durante o monitoramento da germinação

(continua...)

Aeschynomene sensitiva (A: Semeadura em 18/10/11; B: Semeadura em 29/04/11)

A				B			
19/10 a 19/11/11	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)	28/04 a 28/05/11	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)
17 a 19/10	28,6	13,7	21,6	28/04 a 01/05	28,6	15,1	22,1
20 a 23/10	30,7	14,4	22,6	02-04/05	23,4	9,2	16,9
24 a 26/10	31,1	17,8	24,0	05-08/05	31,5	12,4	22,3
27 a 30/10	34,4	15,8	25,5	09-11/05	31,2	16,5	23,1
31 a 02/11	26,6	11,9	19,6	12-15/05	31,2	14,9	22,8
03 a 06/11	34,3	12,8	23,0	16-18/05	25,3	11,3	18,5
07 a 09/11	31,0	18,6	25,0	-	-	-	-

Mimosa pellita (A: Semeadura em 18/11/09; B: Semeadura em 20/10/11)

A				B			
18/11 a 18/12/09	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)	20/10 a 20/11/11	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)
16-18/11	35,0	22,0	27,3	20-23/10	30,7	14,4	22,6
19-22/11	36,0	23,0	29,5	24-26/10	31,1	17,8	24
23-25/11	34,0	22,0	28,5	27-30/10	34,4	15,8	25,5
26-29/11	33,0	21,0	27,1	31/10 a 02/11	26,6	11,9	19,6
30/11-02/12	34,0	21,0	26,5	03-06/11	34,3	12,8	23
03-06/12	32,2	20,0	26,6	07-09/11	31,0	25,0	18,6
07-09/12	30,0	20,0	25,3	10 a 13/11	35,8	27,2	19,1
10-13/12	31,0	21,0	25,5	14 a 16/11	28,2	22,1	17,7
14-06/12	32,0	19,0	25,5	17 a 20/11	30,1	21,9	14,5
17-20/12	32,0	21,0	26,8	-	-	-	-

Anexo A - Dados de temperatura: média, máxima absoluta e mínima absoluta durante o monitoramento da germinação

(continuação)

Senna alata (A: Semeadura em 29/06/09; B: Semeadura em 20/10/11).

A				B			
29/06 a 29/08/09	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)	20/10 a 20/12/11	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)
29/06-01/07	26,0	17,0	21,7	19-21/10	30,0	18,0	22,5
02-05	26,0	17,0	21,3	22-25/10	29,0	21,0	25,3
06-08	26,0	19,0	23,0	26-28/10	29,0	21,0	25,2
09-12	25,0	13,0	20,6	29/10-01/11	34,0	22,0	27,6
13-15	26,0	14,0	20,7	02-04/11	36,0	24,0	29,8
16-19	27,0	15,0	22,3	05-08/11	33,0	23,0	27,8
20-22	24,0	16,0	20,2	09-11/11	32,0	22,0	26,7
23-26	20,0	12,0	16,1	12-15/11	37,0	22,0	29,5
27-29	26,0	13,0	20,8	16-18/11	35,0	22,0	27,3
30/07-02/08	25,0	17,0	21,0	19-22/11	36,0	23,0	29,5
03-05	29,0	19,0	23,8	23-25/11	34,0	22,0	28,5
06-09	29,0	22,0	25,0	26-29/11	33,0	21,0	27,1
10-12	25,0	16,0	20,3	30/11-02/12	34,0	21,0	26,5
13-16	27,0	18,0	22,4	03-06/12	32,2	20,0	26,6
17-19	26,0	19,0	22,3	07-09/12	30,0	20,0	25,3
20-23	25,0	16,0	20,4	10-13/12	31,0	21,0	25,5
24-26	27,0	17,0	22,2	14-06/12	32,0	19,0	25,5
27-30	29,0	21,0	24,6	17-20/12	32,0	21,0	26,8

Sesbania virgata (A: Semeadura em 04/03/09; B: Semeadura em 03/12/09; C: Semeadura em 28/04/11).

A				B				C			
04/03 a 04/04/09	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)	03/12/09 a 03/01/10	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)	28/04 a 28/05/11	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)
02-04/03	36,0	24,0	29,8	03-06/12	32,2	20,0	26,6	28/04-01/05	28,6	15,1	22,1
05-08/03	36,0	24,0	29,6	07-09/12	30,0	20,0	25,3	02-04/05	23,4	9,2	16,9
09-11/03	33,0	21,0	26,5	10-13/12	31,0	21,0	25,5	05-08/05	31,5	12,4	22,3
12-15/03	32,0	20,0	26,9	14-06/12	32,0	19,0	25,5	09-11/05	31,2	16,5	23,1
16-18/03	33,0	22,0	27,5	17-20/12	32,0	21,0	26,8	12-15/05	31,2	14,9	22,8
19-22/03	31,0	20,0	25,6	21-23/12	35,0	22,0	29,0	16-18/05	25,3	11,3	18,5
23-25/03	33,0	21,0	26,9	24-27/12	34,0	22,0	28,1	19-22/05	29,1	11,4	19,2
26-29/03	33,0	21,0	26,9	28-30/12	29,0	20,0	24,8	23-25/05	28,3	14,8	21,9
30-01/04	32,0	21,0	26,8	31/12-03/01	31,0	21,0	25,6	26-29/05	29,2	10,4	20,3
02-05/04	32,0	20,0	26,4	04-06/01	35,0	23,0	29,0	-	-	-	-

Anexo A - Dados de temperatura: média, máxima absoluta e mínima absoluta durante o monitoramento da germinação (continuação)

Ludwigia sp.(A: Semeadura em 13/11/10; B: Semeadura em 06/11/09).

A				B			
13/11/10 a 13/01/11	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)	06/11 a 06/12/09	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)
11-14/11	29,0	18,0	23,1	05-08/11	33,0	23,0	27,8
15-17/11	29,0	18,0	23,2	09-11/11	32,0	22,0	26,7
18-21/11	32,0	20,0	25,6	12-15/11	37,0	22,0	29,5
22-24/11	33,0	21,0	26,5	16-18/11	35,0	22,0	27,3
25-28/11	35,6	18,4	27,1	19-22/11	36,0	23,0	29,5
29/11-01/12	31,0	17,0	24,7	23-25/11	34,0	22,0	28,5
02-05/12	35,0	19,0	26,8	26-29/11	33,0	21,0	27,1
06-08/12	34,2	21,0	27,6	30/11-02/12	34,0	21,0	26,5
09-12/12	37,0	21,0	28,5	03-06/12	32,2	20,0	26,6
13-15/12	28,0	19,0	24,5	07-09/12	30,0	20,0	25,3
16-19/12	30,0	19,0	24,4	10-13/12	31,0	21,0	25,5
20-22/12	34,0	22,0	28,2	14-06/12	32,0	19,0	25,5
23-26/12	31,0	21,0	26,0	17-20/12	32,0	21,0	26,8
27-29/12	33,0	20,0	26,7	21-23/12	35,0	22,0	29,0
30-02/01	32,0	20,0	26,4	24-27/12	34,0	22,0	28,1
03-05/01	33,0	19,0	26,0	28-30/12	29,0	20,0	24,8
06-09/01	34,0	23,0	28,6	31/12-03/01	31,0	21,0	25,6
10-12/01	33,0	22,0	27,5	04-06/01	35,0	23,0	29,0
13-16/01	31,0	20,0	25,1	-	-	-	-

Hibiscus sororius (**A**: Semeadura em 19/10/11; **B**: Semeadura em 11/03/09).

A				B			
19/10 a 19/11/11	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)	11/03 a 11/04/09	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)
17 a 19/10	28,6	13,7	21,6	09-11/03	33,0	21,0	26,5
20 a 23/10	30,7	14,4	22,6	12-15/03	32,0	20,0	26,9
24 a 26/10	31,1	17,8	24,0	16-18/03	33,0	22,0	27,5
27 a 30/10	34,4	15,8	25,5	19-22/03	31,0	20,0	25,6
31 a 02/11	26,6	11,9	19,6	23-25/03	33,0	21,0	26,9
03 a 06/11	34,3	12,8	23,0	26-29/03	33,0	21,0	26,9
07 a 09/11	31,0	18,6	25,0	30-01/04	32,0	21,0	26,8
10 a 13/11	35,8	19,1	27,2	02-05/04	32,0	20,0	26,4
14 a 16/11	28,2	17,7	22,1	06-08/04	33,0	22,0	27,0
17 a 20/11	30,1	14,5	21,9	09-12/04	33,0	20,0	27,7

Anexo A - Dados de temperatura: média, máxima absoluta e mínima absoluta durante o monitoramento da germinação (conclusão)

Cephalanthus glabratus (A: Semeadura em 05/03/09; B: Semeadura em 15/10/09).

A				B			
05/03 a 05/05/09	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)	15/10 a 15/12/09	Temp. Máx. Abs. (°C)	Temp. Mín. Abs. (°C)	Temp. Média (°C)
02-04/03	36,0	24,0	29,8	15-18/10	28,0	20,0	24,1
05-08/03	36,0	24,0	29,6	19-21/10	30,0	18,0	22,5
09-11/03	33,0	21,0	26,5	22-25/10	29,0	21,0	25,3
12-15/03	32,0	20,0	26,9	26-28/10	29,0	21,0	25,2
16-18/03	33,0	22,0	27,5	29/10-01/11	34,0	22,0	27,6
19-22/03	31,0	20,0	25,6	02-04/11	36,0	24,0	29,8
23-25/03	33,0	21,0	26,9	05-08/11	33,0	23,0	27,8
26-29/03	33,0	21,0	26,9	09-11/11	32,0	22,0	26,7
30-01/04	32,0	21,0	26,8	12-15/11	37,0	22,0	29,5
02-05/04	32,0	20,0	26,4	16-18/11	35,0	22,0	27,3
06-08/04	33,0	22,0	27,0	19-22/11	36,0	23,0	29,5
09-12/04	33,0	20,0	27,7	23-25/11	34,0	22,0	28,5
13-15/04	32,0	20,0	26,3	26-29/11	33,0	21,0	27,1
16-19/04	31,0	19,0	25,1	30/11-02/12	34,0	21,0	26,5
20-22/04	30,0	20,0	25,2	03-06/12	32,2	20,0	26,6
23-26/04	31,0	20,0	25,9	07-09/12	30,0	20,0	25,3
27-29/04	30,0	20,0	24,7	10-13/12	31,0	21,0	25,5
30/04-03/05	29,0	18,0	23,5	14-16/12	32,0	19,0	25,5
04-06/05	28,0	17,0	22,5	-	-	-	-

CIIAGRO - Monitoramento climatológico: EMA estações Mirante do Paranapanema e Presidente Prudente (Fonte: CIIAGRO, 2013)

Anexo B - Dados de temperatura e precipitação segundo a classificação Climática de Koeppen para Presidente Prudente (Aw)

MÊS	TEMPERATURA DO AR (C)			CHUVA (mm)
	mínima média	máxima média	média	
JAN	21.0	31.0	26.0	206.0
FEV	21.0	31.0	26.0	173.0
MAR	20.0	31.0	26.0	131.6
ABR	18.0	30.0	24.0	67.8
MAI	15.0	27.0	21.0	70.7
JUN	15.0	26.0	20.0	55.4
JUL	14.0	26.0	20.0	33.8
AGO	15.0	28.0	22.0	36.4
SET	17.0	29.0	23.0	65.5
OUT	18.0	30.0	24.0	119.5
NOV	19.0	30.0	25.0	128.1
DEZ	20.0	31.0	26.0	167.1
Ano	17.8	29.2	23.6	1254.9
Min	14.0	26.0	20.0	33.8
Max	21.0	31.0	26.0	206.0

(Fonte: CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA, 2013).