

MURILO LACERDA BARDDAL

**A INFLUÊNCIA DA SATURAÇÃO HÍDRICA NA DISTRIBUIÇÃO DE OITO
ESPÉCIES ARBÓREAS DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL DO RIO
IGUAÇU, PARANÁ, BRASIL.**

**Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Florestal do Setor de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do Paraná,
como requisito à obtenção do grau e título de
Doutor em Ciências Florestais.**

**Orientador: Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan
Co-orientadores: Prof. Dr. Henrique Soares
Koehler e Prof. Dr. Antonio Carlos Nogueira**

CURITIBA

2006

Ao meu pai, que continua a nos assistir
da pátria espiritual e aos meus amores,
Sílvia e o pequeno João Vitor, dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade de realizar este trabalho;

Ao CAPES e, sobretudo, ao povo brasileiro, pela bolsa de estudos fornecida em grande parte deste trabalho;

Ao pessoal da COPEL, em especial a Arilde Sutil Gabriel de Camargo, pelo apoio e confiança;

Ao amigo Carlos Vellozo Roderjan, por todas as oportunidades de desenvolvimento profissional e pessoal;

Aos amigos e professores Franklin Galvão, Yoshiko Saito Kuniyoshi e Antonio Carlos Nogueira, por tantos anos de convívio e aprendizado;

Ao professor Henrique Koehler, pelas dicas na montagem dos experimentos;

Aos pesquisadores da Embrapa Florestas, Paulo Ernani Carvalho e Antonio Aparecido Carpannezi, pela troca de idéias e pelo material bibliográfico cedido;

Ao também pesquisador da Embrapa Florestas, Osmir José Lavoranti, pelo auxílio na análise estatística;

Aos laboratoristas exemplares (se todos fossem iguais a vocês...) que muito me ajudaram, seu José Ico (Sementes e Viveiros) e Maria Emília (Fitopatologia);

Aos proprietários e/ou responsáveis pelas áreas visitadas: Sr. Henrique, Sr. Ítalo Trombini, Sr. Homero Oliva e Laurinho, Sr. Francisco Almeida e Albaninho, Sr. Elvino Oliveira, Sr. Claudinei Gritte e Sr. Salvador Cardozo, Sr. Vitório Olbre, Sr. Mario, Sr. Edson Larocca e Bruno, Sr. Mario e ao Eng. Florestal Júlio;

Aos companheiros de curso, Emerson, Benício, Mario, Oscar, Carina, Rodrigo, Alexandre e todos os outros;

Aos auxiliares de campo, Rudi, Oséas, e Marcos, pela companhia e disposição;

Aos amigos, companheiros de trabalho, Gustavo Ribas Curcio e Annete Bonnet, cuja ajuda foi imprescindível para a realização deste trabalho;

Aos meus pais (Dimas e Reny), irmãos (Mônica e Paulo de Tarso), sogros (Gima e Ana), sobrinhos e cunhados, por entenderem que a ausência se fazia necessária...

E em especial:

à minha esposa Silvia, pelo exemplo de companheira e mãe, presente de maneira decisiva em todos os momentos;

ao meu filho João Vitor, alegria e inspiração maior de nosso viver;

a Deus e a Jesus, nosso modelo e guia, pela proteção incessante...

O rio Iguaçu parece representar a grandeza da criação e do Criador, frente às irresponsabilidades humanas. Apesar de ser depredado, usurpado e, sem nenhum exagero, violentado, ainda assim continua a dar o maior espetáculo natural do mundo, com as suas cataratas de grande beleza.

A insânia humana é apenas mais um desafio a ser ultrapassado, como o foi certamente a passagem pela Escarpa Devoniana, como deve ter sido a luta por sobre os derrames de lava Jurássico-Cretácicos, que soube superar com galhardia.

Espelhem-nos no seu exemplo de doação, trabalho e persistência, de quem superou todos os obstáculos ao longo de um milhar de quilômetros, ao longo de milhões de anos, para alcançar o seu destino brilhante.

O Autor.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Murilo Lacerda Barddal, filho de Dimas Freitas Barddal e Amélia Reny Lacerda Barddal, nasceu a 30 de maio de 1975 em Curitiba-PR.

Iniciou o Curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná em 1994, graduando-se em 1998. De março de 2000 ao mesmo mês de 2002, alcançou o título de Mestre em Ciências Florestais na área de Conservação da Natureza, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná. Na mesma instituição e área, durante o período de março de 2002 a abril de 2006, cursou o Doutorado, que se encerra com a defesa desta tese. Trabalha na Companhia Paranaense de Energia – COPEL, no Departamento de Engenharia Ambiental, vinculado à Superintendência de Meio Ambiente, desde setembro de 2005.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xii
RESUMO.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DAS ESPÉCIES ARBÓREAS ESTUDADAS.....	3
3 SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO DOS PROPÁGULOS.....	14
3.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	14
3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4 SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO DAS PLÂNTULAS.....	30
4.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	31
4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
5 CARACTERIZAÇÃO DA SATURAÇÃO HÍDRICA EM CAMPO.....	55
5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS.....	55
5.1.1 GEOLOGIA.....	56
5.1.2 HIDROGRAFIA.....	57
5.1.3 CLIMA.....	58
5.1.4 VEGETAÇÃO.....	59
5.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....	60
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	62
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	84
6.1 <i>Araucaria angustifolia</i> (pinheiro-do-paraná).....	84
6.2 <i>Erythrina crista-galli</i> (corticeira-do-banhado).....	85
6.3 <i>Luehea divaricata</i> (açoita-cavalo).....	87
6.4 <i>Matayba elaeagnoides</i> (miguel-pintado).....	88
6.5 <i>Salix humboldtiana</i> (salseiro).....	89
6.6 <i>Schinus terebinthifolius</i> (aroeira).....	91
6.7 <i>Sebastiania commersoniana</i> (branquilho).....	92
6.8 <i>Vitex megapotamica</i> (tarumã).....	94
6.9 GENERALIDADES.....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
APÊNDICES.....	105

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 – Germinação média dos propágulos de <i>Araucaria angustifolia</i> em função da inundação simulada (o tempo em água dos tratamentos também foi contemplado na figura).....	17
FIGURA 3.2 – Germinação média dos propágulos de <i>Erythrina crista-galli</i> em função da inundação simulada.	18
FIGURA 3.3 – Germinação média dos propágulos de <i>Luehea divaricata</i> em função da inundação simulada.	19
FIGURA 3.4 – Germinação média dos propágulos de <i>Matayba elaeagnoides</i> em função da inundação simulada.	22
FIGURA 3.5 – Germinação média dos propágulos de <i>Salix humboldtiana</i> em função da inundação simulada.	23
FIGURA 3.6 – Germinação média dos propágulos de <i>Schinus terebinthifolius</i> em função da inundação simulada.	24
FIGURA 3.7 – Germinação média dos propágulos de <i>Sebastiania commersoniana</i> em função da inundação simulada.	25
FIGURA 3.8 – Germinação média dos propágulos de <i>Vitex megapotamica</i> em função da inundação e do ano de coleta.	28
FIGURA 4.1 – Aspecto geral das raízes de <i>Araucaria angustifolia</i> em umidade sob capacidade de campo. (As marcações são de 1cm ²).....	50
FIGURA 4.2 – Aspecto geral das raízes de <i>Araucaria angustifolia</i> após 56 dias de alagamento.	50
FIGURA 4.3 – Aspecto geral das raízes de <i>Erythrina crista-galli</i> em umidade sob capacidade de campo.	51
FIGURA 4.4 – Aspecto geral das raízes de <i>Erythrina crista-galli</i> após 56 dias de alagamento.	51
FIGURA 4.5 – Aspecto geral das raízes de <i>Luehea divaricata</i> em umidade sob capacidade de campo.	51
FIGURA 4.6 – Aspecto geral das raízes de <i>Luehea divaricata</i> após 56 dias de alagamento.	51
FIGURA 4.7 – Aspecto geral das raízes de <i>Matayba elaeagnoides</i> em umidade sob capacidade de campo.	51
FIGURA 4.8 – Aspecto geral das raízes de <i>Matayba elaeagnoides</i> após 56 dias de alagamento.	51
FIGURA 4.9 – Aspecto geral das raízes de <i>Salix humboldtiana</i> em umidade sob capacidade de campo.	52

FIGURA 4.10 – Aspecto geral das raízes de <i>Salix humboldtiana</i> após 56 dias de alagamento.	52
FIGURA 4.11 – Aspecto geral das raízes de <i>Schinus terebinthifolius</i> em umidade sob capacidade de campo.	52
FIGURA 4.12 – Aspecto geral das raízes de <i>Schinus terebinthifolius</i> após 56 dias de alagamento.	52
FIGURA 4.13 – Aspecto geral das raízes de <i>Sebastiania commersoniana</i> em umidade sob capacidade de campo.	52
FIGURA 4.14 – Aspecto geral das raízes de <i>Sebastiania commersoniana</i> após 56 dias de alagamento.	52
FIGURA 4.15 – Aspecto geral das raízes de <i>Vitex megapotamica</i> em umidade sob capacidade de campo.	53
FIGURA 4.16 – Aspecto geral das raízes de <i>Vitex megapotamica</i> após 56 dias de alagamento.	53
FIGURA 4.17 – Aspecto geral do início da formação de raízes adventícias e das lenticelas hipertrofiadas de <i>Araucaria angustifolia</i> após 56 dias de alagamento.	53
FIGURA 4.18 – Aspecto geral das raízes adventícias e da abertura do ritidoma de <i>Erythrina crista-galli</i> após 56 dias de alagamento.	53
FIGURA 4.19 – Aspecto geral das raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas de <i>Luehea divaricata</i> após 56 dias de alagamento.	53
FIGURA 4.20 – Aspecto geral das raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas de <i>Salix humboldtiana</i> após 56 dias de alagamento.	53
FIGURA 4.21 – Aspecto geral das raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas de <i>Sebastiania commersoniana</i> após 56 dias de alagamento.	54
FIGURA 4.22 – Aspecto geral das raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas de <i>Schinus terebinthifolius</i> após 56 dias de alagamento.	54
FIGURA 4.23 – Aspecto geral das raízes adventícias e da abertura do ritidoma de <i>Vitex megapotamica</i> após 56 dias de alagamento.	54
FIGURA 5.1 Localização do rio Iguaçu e distribuição dos pontos de amostragem.	56
FIGURA 5.2 - Exemplo da localização das parcelas nas curvas de agradacão e degradação do Rio Iguaçu (CURCIO, 2006).	61
FIGURA 5.3 - Perfil esquemático da superfície do rio Iguaçu, com as respectivas feições geomórficas, típicas das superfícies de agradacão e degradação estudadas (CURCIO,2006).	61
FIGURA 5.4 - Perfil esquemático representando a curva de agradacão do compartimento Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.	64

- FIGURA 5.5 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem. 64
- FIGURA 5.6 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Campo do Tenente, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 65
- FIGURA 5.7 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Campo do Tenente, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 65
- FIGURA 5.8 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Furnas, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 66
- FIGURA 5.9 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Furnas, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 66
- FIGURA 5.10 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Mafra/Rio do Sul, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 67
- FIGURA 5.11 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Mafra/Rio do Sul, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem. 68
- FIGURA 5.12 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Rio Bonito, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 68
- FIGURA 5.13 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Rio Bonito, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem. 69
- FIGURA 5.14 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Palermo, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 70
- FIGURA 5.15 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Palermo, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e do lençol suspenso pluviométrico. 70
- FIGURA 5.16 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Irati, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 71
- FIGURA 5.17 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Irati, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 72
- FIGURA 5.18 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Serra Alta, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem..... 72

FIGURA 5.19 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Serra Alta, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.....	73
FIGURA 5.20 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Terezina, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.....	73
FIGURA 5.21 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Terezina, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.....	74
FIGURA 5.22 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Rio do Rasto, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.....	75
FIGURA 5.23 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Rio do Rasto, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.	75
Figura 5.24 – Distribuição do valor de importância de <i>Sebastiania commersoniana</i> , conforme o tempo relativo de hidromorfia, inserida a linha de tendência.....	78
FIGURA 6.1 – Dique marginal alçado, típico da formação Rio do Rasto, com a presença de <i>A. angustifolia</i>	98
FIGURA 6.2 – bacia de inundação com a colonização por entre as herbáceas de <i>E. crista-galli</i> (em floração).	98
FIGURA 6.3 – Bacia de inundação, nos fundos da planície, onde se observa o front de <i>E. crista-galli</i>	98
FIGURA 6.4 – Planície característica da Formação Furnas, com a presença de floresta bastante diversificada.	98
FIGURA 6.5 – Front de agradação com <i>S. humboldtiana</i> (direita), interbarra e front de <i>Sebastiania commersoniana</i> em seguida (Formação Palermo).	98
FIGURA 6.6 – A rusticidade de <i>S. humboldtiana</i> , que mesmo quebrado ainda emite ramificação.....	98
FIGURA 6.7 – O mesmo trecho da figura anterior, em momento de alagamento superficial.	99
FIGURA 6.8 – Interbarra na agradação do C. Gnáissico Migmatítico Costeiro.....	99
FIGURA 6.9 - Perfil esquemático da planície do rio Iguaçu, com a representação da cobertura vegetal característica. A diversidade de copas indica a diversidade florística	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 – Tabela sinóptica das principais características das espécies estudadas. .	13
TABELA 3.1 – Valores médios da porcentagem final de germinação para <i>Araucaria angustifolia</i>	16
TABELA 3.2 – Valores médios da porcentagem final de germinação para <i>Erythrina crista-galli</i>	18
TABELA 3.3 – Valores médios da porcentagem final de germinação para <i>Luehea divaricata</i>	20
TABELA 3.4 – Valores médios da porcentagem final de germinação para <i>Matayba elaeagnoides</i>	21
TABELA 3.5 – Valores médios da porcentagem final de germinação para <i>Salix humboldtiana</i>	22
TABELA 3.6 – Valores médios da porcentagem final de germinação para <i>Schinus terebinthifolius</i>	25
TABELA 3.7 – Valores médios da porcentagem final de germinação para <i>Sebastiania commersoniana</i>	26
TABELA 3.8 – Valores médios da porcentagem final de germinação para <i>Vitex megapotamica</i>	27
TABELA 3.9 – Relação entre o número total de sementes germinadas (n.g.) e número total de sementes germinadas sob imersão (n.g.a.) para os períodos de 14 e 28 dias, sendo % g.a - porcentagem de sementes germinadas em água.....	28
TABELA 4.1 – Resultados da análise química e granulométrica do substrato utilizado no experimento de simulação de inundação dos propágulos.....	32
TABELA 4.2 – Valores médios de comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base), massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de <i>Araucaria angustifolia</i>	35
TABELA 4.3 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.....	35
TABELA 4.4 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de <i>Erythrina crista-galli</i>	37
TABELA 4.5 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.....	37
TABELA 4.6 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de <i>Luehea divaricata</i>	38

TABELA 4.7 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.	38
TABELA 4.8 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de <i>Matayba elaeagnoides</i>	40
TABELA 4.9 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.	40
TABELA 4.10 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de <i>Salix humboldtiana</i>	41
TABELA 4.11 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.	42
TABELA 4.12 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de <i>Schinus terebinthifolius</i>	43
TABELA 4.13 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.	43
TABELA 4.14 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de <i>Sebastiania commersoniana</i>	44
TABELA 4.15 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.	44
TABELA 4.16 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de <i>Vitex megapotamica</i>	47
TABELA 4.17 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.	47
TABELA 4.18 – Comparação dos parâmetros de desenvolvimento das plantas, comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz), entre o controle e o tratamento de 56 dias em água. Os símbolos indicam que houve redução (↓), aumento (↑) ou que não houve variação (=).	48
TABELA 4.19 – Relação entre o volume ocupado pela raiz (vol. raiz), a massa seca da raiz (m.raiz), a massa seca aérea e a razão entre massa seca aérea e massa seca da raiz.	50

TABELA 5.1 – Modelos obtidos para relacionar a leitura fluviométrica diária com a leitura do lençol freático para a agração do Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro.	63
TABELA 5.2 – Tempo relativo de hidromorfia, período máximo de hidromorfia contínua e época em que isso aconteceu.	76
TABELA 5.3 – Principais características das superfícies estudadas.....	77
TABELA 5.4 – Distribuição das espécies ao longo dos pontos estudados, referenciados as suas alturas e diâmetros máximos e valores de importância.	79
TABELA 5.5 – Tempo relativo de hidromorfia encontrado para as áreas em que as espécies estudadas foram observadas, distribuído em ordem decrescente do valor máximo de ocorrência.....	81

RESUMO

Este estudo teve por objetivo demonstrar e comprovar a influência da saturação hídrica no desenvolvimento e estabelecimento de 8 espécies arbóreas freqüentes na planície de inundação do rio Iguaçu, Paraná, Brasil. As espécies estudadas foram *Araucaria angustifolia*, *Erythrina crista-galli*, *Luehea divaricata*, *Matayba elaeagnoides*, *Salix humboldtiana*, *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana* e *Vitex megapotamica*. A fase de germinação foi analisada através de um experimento de simulação em laboratório, onde os propágulos foram submetidos a diferentes períodos de inundação, de 3, 7, 14 e 28 dias consecutivos, além daqueles sob umidade à capacidade de campo. Como resultados obtidos, *A. angustifolia*, *M. elaeagnoides*, *S. terebinthifolius* e *V. megapotamica* não germinaram em meio aquoso. Destas, as três últimas tiveram diminuição significativa de germinação ao passarem mais de 14 dias em água estagnada. *E. crista-galli*, *L. divaricata*, *S. humboldtiana* e *S. commersoniana* germinaram em maior ou menor grau quando submersas. Para as três primeiras a porcentagem de germinação em água foi alta, acima de 80%, para a última delas esse valor foi de 33%. Para a fase juvenil de crescimento, observou-se a reação de mudas das mesmas espécies com 5 meses de idade, colocadas em água estacionária, trocada a cada semana, durante os períodos de 14, 28 e 56 dias de alagamento, comparadas às plantas sob umidade à capacidade de campo. *E. crista-galli* e *S. humboldtiana* foram as que melhor se comportaram sob alagamento, pois praticamente não tiveram seu crescimento reduzido. *S. commersoniana* teve todos os descritores relacionados à raiz prejudicados, enquanto *M. elaeagnoides* pouco se desenvolveu nos parâmetros avaliados e não formou nenhuma estrutura morfológica adaptativa. *A. angustifolia*, *L. divaricata*, *S. terebinthifolius* e *V. megapotamica* tiveram o desenvolvimento prejudicado na maior parte dos parâmetros avaliados, relacionados à raiz e à porção aérea. Para estabelecer um referencial com os indivíduos adultos de cada espécie, a pesquisa em campo, buscou relacionar a presença/ausência dos mesmos com a hidromorfia da planície. Em cada unidade geológica incidida pelo rio Iguaçu, entre os municípios de Araucária e União da Vitória, instalou-se parcelas temporárias em superfícies de agradação e de degradação, subdivididas segundo a característica topográfica e o tipo de solo. Para cada feição resultante, instalou-se um poço para a medição do lençol freático, medido a cada quinze dias e fez-se a avaliação de cada um dos representantes das oito espécies. Os resultados quinzenais da água subterrânea foram relacionados às medidas fluviométricas de postos de medição permanentes, localizados ao longo do rio, obtendo-se uma estimativa do tempo de hidromorfia relativo para cada feição. *S. commersoniana* foi a única que ocorreu em todos os compartimentos geológicos e registrou o maior valor de tempo máximo relativo de hidromorfia (45,9%), seguida de perto por *E. crista-galli* (42,4%) e *S. humboldtiana* (39,5%), formando as espécies que melhor suportaram a saturação hídrica. Com menor tolerância, em uma posição intermediária, observou-se *S. terebinthifolius*, com 30,7%. Mais abaixo na escala e bastante próxima, encontrou-se *V. megapotamica* (23,6%), *M. elaeagnoides* (23,2%) e *L. divaricata* (23,2%). Finalmente, para *A. angustifolia* foi observado um tempo relativo máximo de 14,6%. Deste modo, considerando as características auto-ecológicas das espécies nas diferentes fases de desenvolvimento, ficou evidenciado que a sua distribuição nas planícies é diretamente influenciada pela saturação hídrica dos solos.

ABSTRACT

The objective of this study is to demonstrate and to confirm the influence of hydric saturation in the development and settlement of eight arboreal species, frequent on the inundation plain of Iguaçu river, Paraná, Brasil. The studied species were *Araucaria angustifolia*, *Erythrina crista-galli*, *Luehea divaricata*, *Matayba elaeagnoides*, *Salix humboldtiana*, *Schinus terebinthifolius*, *Sebastiania commersoniana* and *Vitex megapotamica*. The germination phase was analysed by a simulation experiment in laboratory, where the propagula were submitted to different inundation periods of three, seven, fourteen, and twenty-eight consecutive days, besides those under humidity at field capacity. *A. angustifolia*, *M. elaeagnoides*, *S. terebinthifolius* e *V. megapotamica* did not germinate in aqueous environment. Of those, the last three presented significant decrease in germination after fourteen days in stagnant water. *E. crista-galli*, *L. divaricata*, *S. humboldtiana* and *S. commersoniana* showed higher or lower degrees of germination when submerged. The germination percentage in water was high for the three first ones, over 80%; for the last one it was 33%. During juvenile phase of growth, the reaction of five-month-old seedling of the same species, in stagnant water, changed every week during the periods of fourteen, twenty-eight and fifty-six days of inundation, was observed and compared to the plants under humidity at field capacity. *E. crista-galli* and *S. humboldtiana* were the ones that best behaved under inundation, since they almost did not have their growth decreased. *S. commersoniana* had all the parameters related to the root impaired, while *M. elaeagnoides* had little development on the assessed parameters and did not form any adaptable morphological structure. *A. angustifolia*, *L. divaricata*, *S. terebinthifolius* and *V. megapotamica* had most of their development related to root and aerial portion impaired. To establish a reference with adult individuals of each species, the field research tried to relate their presence/absence to the plain hydromorphy. On each geological unit divided by Iguaçu river, between Araucária and União da Vitória districts, temporary fragments were installed on aggradation and degradation surfaces, subdivided according to topographical characteristics and soil type. For each resultant feature a well was installed to measure the ground water, every fifteen days, and each representative of the eight species was evaluated. The fortnightly results of the ground water were related to the fluviometric measures of permanent measurement places, located alongside the river, and an estimation of the hidromorphy time relative to each feature was obtained. *S. commersoniana* was the only one that occurred in every geological division and registered the greatest relative maximum time of hidromorphy (45,9%), followed close by *E. crista-galli* (42,4%) and *S. humboldtiana* (39,5%), making up the species that resisted the most the hydric saturation. On an intermediate position, with less tolerance, was *S. terebinthifolius* (30,7%). Lower on the scale and very close was *V. megapotamica* (23,6%), *M. elaeagnoides* (23,2%) and *L. divaricata* (23,2%). Finally, a maximum relative time of 14,6% was observed for *A. angustifolia*. In this way, considering ecological characteristics of the species on the different phases of development, it was evident that their distribution on the plains is directly influenced by hydric saturation of the soils.

1 INTRODUÇÃO

O Iguazu é, sem dúvida alguma, o principal rio do Estado do Paraná. Com aproximadamente 910 km, corta praticamente todo o território de leste a oeste e sempre serviu como agente de progresso do estado. As terras interioranas, consideradas um sertão inexplorado, passaram a ser colonizadas com maior intensidade com o advento da navegação a vapor em seu leito. Ironicamente, o próprio desmatamento causado pelos vapores que utilizavam a lenha como combustível e mesmo as inumeráveis toras que eram por eles transportadas, trataram de promover a erosão de seu entorno e conseqüentemente seu assoreamento. Tãmanha foi a voracidade dos “colonizadores”, que em aproximadamente 71 anos (1882-1953) o trecho entre Porto Amazonas e União da Vitória deixou de ser navegável. Na década seguinte, toda a região do alto Iguazu foi retificada, evitando que a capital do estado sofresse com os seus transbordes naturais, repassando os problemas para jusante. Mas o rio continuava a dar a sua contribuição ao desenvolvimento dos paranaenses, pois seu enorme potencial hidrelétrico passou a ser melhor explorado nas décadas posteriores, iluminando o progresso. Ainda hoje, apesar de todas as sujidades lançadas em seu leito, sobretudo na região de Curitiba, a medida que se afasta e recebe seus contribuintes menos afetados pelas atividades humanas, se renova. Chegando ao seu final, em território protegido no Parque Nacional do Iguazu, com mostras da sua pujança original, mergulha nas Cataratas do Iguazu, principal ponto turístico do Estado.

Originalmente, em seu corpo, levava consigo frações de diversas origens, que se misturavam e compunham os planos fluviais ao longo do caminho. Seu grande volume de água influenciava toda a vida ao seu redor, onde se podiam observar tipos vegetais distintos, em que se entremeavam campos alagáveis (várzeas) nas suas depressões e agrupamentos florestais nos locais mais secos e altos, formados pelos seus diques marginais e encostas que o circundam. Porém, as alterações anteriormente citadas degradaram fortemente seus ambientes correlacionados, causando erosão física e química dos solos e genética dos animais e plantas, comprometendo a sua manutenção e funcionalidade.

Dada essa situação e dívida que temos para com ele, a sua recuperação adquire caráter emergencial. Por isso, neste trabalho, procurou-se desvendar um

pouco da complexidade do seu ambiente de planície, relacionando, sobretudo, a hidromorfia dos solos que lhe margeiam com o desenvolvimento das principais espécies arbóreas que lhe acompanham, restritas à Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária). Isso foi realizado simulando a inundação dos propágulos e de plântulas das espécies *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Erythrina crista-galli* L., *Luehea divaricata* Mart., *Matayba elaeagnoides* Radlk., *Salix humboldtiana*, *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L. B. Smith & R.J. Downs e *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke, bem como acompanhando a saturação hídrica do ambiente de origem das mesmas, em campo.

2 CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES DAS ESPÉCIES ARBÓREAS ESTUDADAS

- *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná) – ARAUCARIACEAE

Árvore de grande porte, perenifólia e longeva (pode ultrapassar 300 anos de idade), alcança comumente os 35 metros de altura, possui folhas coriáceas, lanceoladas e agudíssimo-pungentes (CARVALHO, 2003; REITZ e KLEIN, 1966).

Espécie dióica, sua polinização é feita principalmente pelo vento, entre agosto e outubro. Os frutos (pinhas) estão maduros de fevereiro a dezembro, conforme a variedade, tendo em média um número de 40 por árvore. No Paraná os pinhões maduros são encontrados sobretudo entre abril e junho. A dispersão dos frutos é barocórica (gravidade), limitada a 60-80 metros da árvore matriz, devido ao peso das sementes, mas também pode ser zoocórica, feita ou redirecionada por aves, roedores e macacos (CARVALHO, *op. cit.*). Suas sementes são recalcitrantes ao armazenamento, pois sua viabilidade é curta (até um ano) em condições não controladas. De acordo com a metodologia de classificação usada por RESSEL *et al.* (2004), utilizando as características de posição, textura e exposição dos cotilédones e adaptado para todas as espécies deste trabalho, as plântulas de *A. angustifolia* podem ser inseridas no grupo morfofuncional das cripto-hipógeo-armazenadoras, ou seja, criptocotiledonares (cotilédones ocultos dentro do tegumento da semente), hipógeas (cotilédones permanecem ao nível do solo após a germinação) e armazenadoras (neste caso específico não são os cotilédones, mas o endosperma que funciona como órgão de reserva). Ainda com base no trabalho de RESSEL *et al.* (*op. cit.*), que também define padrões de tamanhos de sementes, as do pinheiro-do-paraná são classificadas como grandes.

A sua propagação vegetativa é viável por enxertia, mas pouco utilizada na produção de mudas.

Apesar de considerada pioneira e heliófita por REITZ e KLEIN (*op. cit.*), SEITZ (1982) afirma que a espécie se regenera muito bem em condições naturais e que em plantios tolera sombreamento no período juvenil. Em estudo mais recente (DUARTE *et al.*, 2002) confirma-se a tolerância da espécie à sombra e sua possibilidade de estabelecimento no sub-bosque da floresta.

É reconhecida como espécie exigente quanto ao tipo de solo em que medra, sendo a profundidade um fator muito importante, pois demonstra reduzida produção e crescimento sobre solos litólicos e hidromórficos (LASSERRE, 1972). BOLFONI *et al.* (1980) apontam que profundidades do lençol freático dentro de 90 cm, a contar da superfície do solo, seriam restritivas para o seu desenvolvimento; REITZ e KLEIN (*op. cit.*) descrevem indivíduos ocorrentes em terrenos muito úmidos como visivelmente raquíticos. Daí ser recomendada para a reposição da floresta ciliar, desde que em locais isentos de inundação (CARVALHO, *op. cit.*).

Seu crescimento inicial é lento, mas melhora muito a partir dos três anos, tornando-se variável (entre 12 e 18 m³ ha⁻¹ ano⁻¹) e, em alguns casos, pode chegar até a 30 m³ ha⁻¹ ano⁻¹ (CARVALHO, *op. cit.*). Sua madeira, de massa específica de aproximadamente 0,5-0,6 g.cm⁻³ (REITZ e KLEIN, *op. cit.*), foi considerada por RIZZINI (1978) como a mais importante do Brasil tanto em termos de prestabilidade, como de abundância.

- *Erythrina crista-galli* (corticeira-do-banhado) – FABACEAE

Árvore de médio a grande porte, podendo alcançar até 20 m de altura, é decídua (perde as folhas no inverno) e tem folhas de raque aculeada compostas por três folíolos (CARVALHO, no prelo).

Espécie de flores hermafroditas (GALETTO *et al.*, 2000) que podem ser observadas entre outubro e janeiro (CARVALHO, no prelo) e que têm como polinizadores mais efetivos as abelhas e os beija-flores. Apresenta baixíssima fecundidade após a polinização natural, com grandes taxas de aborto das flores, das quais menos de 6% desenvolvem frutos (GALETTO *et al.*, *op. cit.*). As sementes estão plenamente desenvolvidas entre fevereiro e abril. A sua dispersão é barocórica e seus frutos e sementes são fortemente atacados por insetos, sobretudo besouros (CARVALHO, no prelo). Suas sementes podem ser consideradas de tamanho médio e tornam-se inviáveis após 180 dias da colheita. De acordo com as características de posição, textura e exposição de seus cotilédones, suas plântulas podem ser inseridas no grupo morfofuncional das fanero-hipógeo-armazenadoras, ou seja, fanerocotiledonares (cotilédones expostos), hipógeas (cotilédones permanecem ao

nível do solo após a germinação) e armazenadoras (cotilédones carnosos funcionam como órgãos de reserva).

A sua propagação vegetativa é muito viável para produção de mudas, normalmente feitas com estacas jovens de indivíduos adultos (CARPANEZZI *et al.*, 2001).

É considerada espécie heliófila (CARVALHO, no prelo), encontrada normalmente em meio aos campos hidro-higrófilos (Formação Pioneira com Influência Fluvial¹ - LEITE e KLEIN, 1990), a céu aberto, quando não apresenta grande desenvolvimento em altura. Nestas condições pode formar agrupamentos puros, como os encontrados na ribeira platense, onde são chamados seibales (HAENE e APARICIO, 2001). Quando em meio ao ambiente florestal fluvial, apresenta-se como dominante, com grandes diâmetros e alturas, ocupando o dossel (Observação pessoal).

Por ocorrer naturalmente em solos brejosos e úmidos, é indicada para a recuperação de solos alagadiços ou permanentemente encharcados (CARVALHO, no prelo).

Pouco se sabe sobre o seu crescimento, porém as impressões em campo sugerem um crescimento rápido (Observação pessoal). Sua madeira possui massa específica de aproximadamente 0,22 a 0,30 g cm⁻³ (LOPEZ *et al.*, 1987).

- *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) – TILIACEAE

Árvore de copa larga e densifoliada, cujas folhas serreadas, discolores e tomentosas, são perdidas no período invernal, pode alcançar porte avantajado em diâmetro e altura (cerca de 30 m) (INOUE *et al.*, 1984).

Possui flores hermafroditas de grande beleza que são encontradas de dezembro a abril e são polinizadas principalmente por abelhas e também por beija-flores (CARVALHO, 2003). As suas pequenas sementes são leves e aladas, primariamente dispersas pelo vento (anemocóricas) no período compreendido entre maio e julho, podendo ser secundariamente dispersas pela água, uma vez que ocorre margeando os rios (Observação pessoal). O poder germinativo diminui a partir

¹ Para os autores a Formação Pioneira de Influência Fluvial é formada por processos morfodinâmicos e pedogenéticos de atuação recente ou atual, em que a água é o elemento inibidor que impede o

de 30 dias da colheita (LONGHI, 1995). De acordo com as características de posição, textura e exposição de seus cotilédones, suas plântulas podem ser inseridas no grupo morfofuncional das fanero-epígeo-foliáceas, ou seja, fanerocotiledonares (cotilédones expostos), epígeas (cotilédones são erguidos acima do nível do solo após a germinação) e foliáceas (cotilédones delgados e fotossintetizantes).

Segundo KUHLMANN (1944), é possível fazer a propagação vegetativa da espécie por meio de estacas.

É considerada espécie heliófila, desenvolvendo-se melhor em locais muito iluminados e úmidos (REITZ *et al.*, 1983), perecendo na penumbra do sub-bosque quando não pode competir com outras espécies de maior crescimento (KUHLMANN (*op. cit.*)). Ainda assim, a espécie suportou ao menos 3 meses de baixas taxas de irradiação em experimento feito por VÁLIO (2003). Além disso, suporta inundações periódicas de rápida duração e medra sobre solos rasos e pedregosos (CARVALHO, 2003), porém não se desenvolve bem nos “brejos” (KUHLMANN (*op. cit.*)).

Apesar de CARVALHO (2003) obter um crescimento considerado lento ($7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) em seus experimentos, RACHWAL *et al.* (2000) julgaram que seu desenvolvimento foi rápido, ao menos nos 3 primeiros anos de vida, comparável às plantas de bracatinga (*Mimosa scabrella*), plantadas na mesma condição.

Sua madeira é moderadamente pesada e dura, possui massa específica de 0,56 a 0,70 g cm^{-3} (CARVALHO, 2003). Seus galhos são muito flexíveis, recomendados para a confecção de peças encurvadas (LONGHI, 1995). Podem ser utilizados ainda como chicotes (CARVALHO, 2003), daí seu nome popular. Tal flexibilidade também é observada nas beiradas dos rios, onde, conforme já anotado por KUHLMANN (*op. cit.*), a espécie apresenta-se debruçada sobre os cursos d'água. As inclinações com que ocorrem são realmente muito acentuadas, muitas vezes negativas em relação ao talude, compensadas geotropicamente pelo crescimento vertical de seus ramos dorso-ventrais, provendo a manutenção da árvore em tal condição (Observação pessoal).

- *Matayba elaeagnoides* (miguel-pintado) – SAPINDACEAE

desenvolvimento da cobertura vegetal arbórea mais exuberante e heterogênea, como a que pode ser encontrada no ecossistema dominante ao seu redor.

Árvore de médio a grande porte, pode alcançar até 20 m de altura (CARVALHO, no prelo), é perenifólia e tem folhas compostas, imparipinadas sempre com o último folíolo abortado (Carlos Vellozo Roderjan, comunicação pessoal).

Espécie de flores hermafroditas (BACKES e IRGANG, 2002) que podem ser observadas entre outubro e dezembro (REITZ, 1980) e que tem como polinizadores mais efetivos as abelhas sem ferrão (RAMALHO, 2004², *apud*. CARVALHO, no prelo). Seus frutos estão maduros aproximadamente entre janeiro e fevereiro, sendo suas sementes dispersas por efeito da gravidade (barocoria), mas sobretudo por animais (zoocoria), destacando-se as aves, que são atraídas pelo arilo alaranjado, além das formigas. Suas sementes têm tamanho médio, apresentam recalcitrância ao armazenamento e começam a perder o poder germinativo aproximadamente após 90 dias da colheita (LONGHI, 1995). De acordo com as características de posição, textura e exposição de seus cotilédones, suas plântulas podem ser inseridas no grupo morfofuncional das cripto-hipógeo-armazenadoras.

A sua propagação vegetativa é sugerida por BACKES e IRGANG (*op. cit.*), que observaram a rebrota de suas raízes após ter sido pisoteada pelo gado; contudo não existem trabalhos que comprovem tal possibilidade.

Baseado na sua capacidade fotossintética, que experimentalmente alcançou um ponto de saturação lumínica baixo (próximo dos 15 klux), INOUE e GALVÃO (1986) a classificaram como espécie umbrófila ou esciófila, o que facultaria a intensa regeneração em locais sombreados, conforme observado por LOPEZ *et al.* (1987).

REITZ (1980) classificou a espécie como seletiva higrófila, comum nos solos úmidos e compactos dos sub-bosques dos pinhais. Muito embora REITZ *et al.* (1983) tenham afirmado que *M. elaeagnoides* desenvolve-se bem em solos excessivamente úmidos, BARDDAL *et al.* (2004a), ao estudarem a planície inundável do rio Barigui, em Araucária – PR, afirmam que indivíduos adultos só foram encontrados em locais mais elevados, onde o lençol freático é menos constante e normalmente mais profundo.

Seu crescimento em plantios nos primeiros anos de vida foi ajuizado como lento por RACHWAL *et al.* (2000) e CARVALHO (1981). Árvores adultas no ambiente natural tiveram o menor ritmo de crescimento dentre sete espécies estudadas por FIGUEIREDO FILHO *et al.* (2003), conforme se poderia esperar de uma espécie

característica de sub-bosque. Determinada por essas características, sua madeira é densa e pesada - $0,85 \text{ g/cm}^3$ (LOPEZ *et al.*, 1987).

- *Salix humboldtiana* (salseiro) – SALICACEAE

Árvore de porte mediano, pode alcançar até 15 m de altura. Suas folhas, decíduas no inverno, são simples, linear-lanceoladas e de margem serreada (CARVALHO, 2003).

Espécie dióica, cuja floração ocorre entre os meses de setembro a novembro, juntamente com o lançamento de folhas novas e que tem o vento como principal agente de polinização. As pequeníssimas sementes (1 mm) são envoltas por longos pelos ou plumas que lhes permitem alçar vôos bastante longos (por vezes de dezenas de metros) e também flutuar na superfície da água. Dispersam-se às centenas por metro quadrado durante os meses de outubro até fevereiro, tendo, contudo, maior concentração em novembro (Observação pessoal). São extremamente recalcitrantes, com no máximo duas semanas de viabilidade em ambiente não controlado (CARVALHO, 2003). De acordo com as características de posição, textura e exposição de seus cotilédones, suas plântulas podem ser inseridas no grupo morfofuncional das fanero-epígeo-foliáceas.

A propagação vegetativa por estaquia feita durante o inverno é o método mais utilizado para a produção das mudas, devido a eficiência e facilidade do seu pegamento e ao baixo poder germinativo de suas sementes (CARVALHO, 2003).

Pode ser considerada uma planta heliófila, encontrada normalmente em meio à vegetação aberta, característica das margens dos rios meandrantés (REITZ, 1983) e das Formações Pioneiras com Influência Fluvial. É, portanto, pioneira em solos aluviais muito úmidos, com lençol freático elevado e sujeito a inundações periódicas (CARVALHO, 2003).

O salseiro é apontado como espécie potencial no uso de estabilização de taludes fluviais, entre outros, por ter rápido e vigoroso crescimento (DURLO e

² RAMALHO, M. Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta Botanica Brasilica*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 37-47, 2004.

SUTILI, 2005) que, segundo COZZO (1976)³, *apud* (CARVALHO, 2003), é de 15m³ ha⁻¹ano⁻¹. Sua madeira é macia, moderadamente leve e não muito forte, com densidade de 0,49 g/cm³ (LOPEZ *et al.*, 1987).

- *Schinus terebinthifolius* (aroeira) – ANACARDIACEAE

Árvore de até 15 metros de altura, com folhas perenes, imparipinadas, caracterizadas pelas alas membranáceas entre os folíolos (CARVALHO, 2003).

Espécie funcionalmente dióica (FLEIG e REITZ, 1989; LENZI e ORTH, 2004), sua polinização é feita principalmente por abelhas, entre outubro e março. Os frutos são normalmente encontrados entre janeiro e junho, porém, podem permanecer por longo tempo na árvore, por vezes, até a próxima floração (FLEIG e REITZ, *op.cit.*), possibilitando a classificação de suas pequenas sementes como ortodoxas. Contudo, apesar de demorar-se frutificando, testes feitos em laboratório sugerem a inviabilidade da maior parte dos frutos mais velhos, coletados nos últimos dias de maio, provavelmente devido ao ataque de fungos e insetos (Observação pessoal). Segundo CARVALHO (2003), a dispersão dos frutos é zoocórica, feita primariamente por aves e secundariamente por formigas. De acordo com as características de posição, textura e exposição de seus cotilédones suas plântulas podem ser inseridas no grupo morfofuncional das fanero-epígeo-foliáceas.

A sua propagação vegetativa é fácil e viável por estaquia (CARVALHO, 2003).

É considerada por INOUE e GALVÃO (1986) como espécie heliófila ou de luz difusa, formando, segundo FLEIG e REITZ (*op. cit.*), a composição inicial dos capões de araucária. O seu pioneirismo, aliado à sua rusticidade e agressividade, faz da aroeira uma planta potencial para recuperação de ambientes limitantes, tais como aqueles formados por solos salinos, hidromórficos e rochosos (CARVALHO, 2003). Mas, além disso, as suas características favorecem também para o seu enquadramento como uma das cem espécies invasoras mais agressivas do mundo (ISSG, 2005), quando cultivada em regiões fora do seu ambiente natural. Em

³ COZZO, D. **Tecnología de la forestación en Argentina y América Latina**. Buenos Aires: Hemisferio Sur, 1976. 604 p.

ambientes ciliares, KAGEYAMA (1992) afirma que a aroeira suporta inundações periódicas de curta duração e de encharcamento moderado.

Para CARVALHO (2003), o seu crescimento volumétrico é moderado, variando de 4 a 12 m³ ha⁻¹ano⁻¹, assim como a densidade de sua madeira é moderada, em torno de 0,8 g cm⁻³.

- *Sebastiania commersoniana* (branquilha) – EUPHORBIACEAE

A espécie pode ter hábito arbustivo quando limitada pela acentuada hidromorfia das planícies aluviais onde medra, mas também pode ser árvore de mais de 20 metros de altura e 59 cm de diâmetro à altura do peito em solos semi-hidromórficos de textura arenosa e média, conforme observado na localidade de Porto Amazonas – PR (Observação pessoal). Suas folhas são simples, discoloras e elíptico-lanceoladas, caem durante o período de julho-agosto, deixando a paisagem das planícies onde é dominante com tonalidades acinzentadas (BARDDAL *et al.*, 2004b). Muitos dos ramos tomam forma de espinhos, não somente os novos, conforme reconhecido por KLEIN (1960), mas também os ramos que ficam expostos à luz solar direta (evitando maior perda de água por transpiração), ou mesmo quando muito perturbados por herbívoros.

As flores são hermafroditas, reunidas em espigas e começam a surgir no mês de agosto, quase que simultaneamente às folhas novas e estende-se até fevereiro. Os frutos são cápsulas de deiscência loculicida que explodem quando maduros, entre dezembro e janeiro, expulsando as sementes, num tipo de dispersão chamada balística. Secundariamente são dispersas pela água, por ocorrerem nas margens de rios, e por pássaros (rolinha – *Columbina* spp.) e peixes (lambari – *Astyanax* spp.) (CARVALHO, 2003). As suas sementes são pequenas e podem apresentar coloração marrom escura homogênea e outras tonalidades rajadas (marrom e cinza), sendo estas últimas as mais vigorosas, enquanto as primeiras normalmente são ocas. Suportam bem o armazenamento, reconhecidamente por mais de um ano (CARVALHO, 2003). De acordo com as características de posição, textura e exposição de seus cotilédones, suas plântulas podem ser inseridas no grupo morfofuncional das fanero-epígeo-foliáceas.

Mesmo apresentando grande capacidade de rebrota após o corte (CARVALHO, 2003), evidenciando capacidade de propagação vegetativa, não existem trabalhos identificando a viabilidade de reprodução por via assexuada.

Em ambiente diretamente influenciado pela hidromorfia, adquire caráter tipicamente heliófito e pioneiro, colonizando as áreas de Formação Pioneira com Influência Fluvial com densidades bastante altas. Sobre Gleissolos imperfeitamente e muito mal drenados, BARDDAL *et al.* (2004b) encontraram uma densidade de 1630 ind./ha. Porém, nos ambientes melhor drenados das encostas adjacentes aos flúvios, pode ser encontrada crescendo sob luz difusa, ainda que em densidades muito menores, exatamente abaixo das árvores formadoras do dossel.

Ainda que DURLO e SUTILI (2005) não a considerem adequada para ajudar na estabilização de taludes fluviais, a espécie tem grande capacidade de manter-se viva mesmo com grande inclinação nas margens dos rios, pela brotação dos ramos laterais, além de estabelecer um forte enraizamento na beirada do talude (árvores de 3 metros de altura tinham raízes com 2,0 a 2,2 metros de profundidade) (Observação pessoal).

Nos experimentos em que foi plantada no Paraná, seu crescimento é lento, com média máxima de $2,9 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. A densidade de sua madeira é moderada, entre $0,6$ a $0,77 \text{ g/cm}^3$ (CARVALHO, 2003).

- *Vitex megapotamica* (tarumã) – VERBENACEAE

Árvore de grande porte, alcançando 25 m de altura e 120 cm de diâmetro à altura do peito (CARVALHO, no prelo), é facilmente reconhecível em campo em função de sua casca clara que se desprende em tiras e por suas folhas compostas digitadas. Assim como as outras espécies caducifólias (*Erythrina crista-galli*, *Luehea divaricata*, *Sebastiania commersoniana* e *Salix humboldtiana*), a época de queda das suas folhas varia ligeiramente, conforme a incidência de geadas mais fortes no início ou no final do inverno, mas normalmente isso ocorre antes de agosto (Observação pessoal).

Suas flores são hermafroditas (BACKES e IRGANG, 2002) e podem ser observadas de outubro a janeiro, quando as abelhas e pequenos insetos as polinizam (CARVALHO, no prelo). Os frutos são carnosos, doces e comestíveis,

muito apreciados por aves, peixes, macacos e outros pequenos mamíferos (LONGHI, 1995; BACKES e IRGANG, 2002), que se convertem em seus dispersores principais, secundados pela própria água dos rios que os transportam em suspensão. As sementes são despoldadas por maceração dos frutos, que devem ser raspados em base áspera envoltos por uma camada de areia grossa (Observação pessoal). Feito o beneficiamento, as sementes suportam 3 meses de armazenamento sem perder o poder germinativo (REITZ *et al.*, 1983). De acordo com as características de posição, textura e exposição de seus cotilédones, suas plântulas podem ser inseridas no grupo morfofuncional das fanero-epígeo-foliáceas.

Assim como o branquilho, também apresenta grande capacidade de rebrota após o corte (CARVALHO, no prelo) e inexistem trabalhos identificando a viabilidade da sua propagação vegetativa.

Espécie indicada para plantio em áreas com solo encharcado (TORRES *et al.*, 1992), é considerada heliófila a esciófila por CARVALHO (no prelo), pois tolera sombreamento de baixas intensidades. Seu crescimento é lento, com experimentos demonstrando produção volumétrica aproximada de $1,70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e sua madeira é moderadamente densa ($0,67 \text{ g cm}^{-3}$) (CARVALHO, no prelo). Também é comum vê-la pendente sobre o rio, estabilizada pelo crescimento vertical de seus ramos dorsais por todo o tronco, em compensação geotrópica (Observação pessoal).

A seguir, pode-se observar a tabela sinóptica (TABELA 2.1) das principais características das espécies estudadas.

TABELA 2.1 – Tabela sinóptica das principais características das espécies estudadas.

Característica/Espécie	<i>Araucaria angustifolia</i>	<i>Erythrina crista-galli</i>	<i>Luehea divaricata</i>	<i>Matayba elaeagnoides</i>	<i>Salix humboldtiana</i>	<i>Schinus terebinthifolius</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i>	<i>Vitex megapotamica</i>
Sistema sexual	dióica ¹	hermafrodita ⁵	hermafrodita ¹	hermafrodita ¹⁵	dióica ¹	funcional. dióica ¹⁸	hermafrodita ¹	hermafrodita ¹⁵
Floração/Polinização								
época	ago. a out. ¹	out. a jan. ⁶	dez. a abril ¹	out. a dez. ¹⁶	set. a nov. ²	out. a março ¹	ago. a fev. ¹	out. a jan. ⁶
vetor	vento/aves ¹	abelhas/beija-flor ⁶	abelha/beija-flor ¹	abelhas ⁶	vento ¹	abelhas/moscas ¹⁸	abelhas/insetos ¹	abelhas/insetos ⁶
Dispersão dos propágulos								
época	abril a junho ¹	fev. a março ²	maio a julho ²	jan. a fev. ³	out. a fev. ²	jan. a junho ²	dez. a jan. ¹	jan. a março ²
vetor	grav./aves/roed./macac. ¹	grav./água ⁶	vento ²	aves ³	vento/água ²	aves/formigas ¹	auto/água/aves/peixes ¹	aves/peixes ⁷ /macacos ¹⁵
Viabilidade da semente	recalcit. - máx.1 ano ¹	recalcit. - 180 dias ⁷	recalcit.- 30 dias ⁷	recalcit. - 90 dias ⁷	recalcit. - 14 dias ¹	ortodoxa ¹	ortodoxa ¹	recalcit. - 90 dias ¹¹
N° sementes/kg	123-205	2500 ⁷	200.000 ¹¹	8.700 ⁷	3.500.000 ¹	31.000 a 42.000 ¹	71000 ¹	3930 ⁷
Tamanho sementes(peq. <0,1; médio >0,1<1,5; grande >1,5g)	5,0 a 8,10 g – grande ²	0,26 g – médio ²	0,005 g – pequeno ²	0,115 g – médio ²	2,86 e-4 g pequeno ²	0,032 a 0,024 g pequeno ²	0,014 g – pequeno ²	0,254 g – médio ²
Classificação morfofuncional das plântulas	cripto-hipóg.-armaz. ²	fanero-hipóg.-armaz. ²	fanero-epíg.-foliac. ²	cripto-hipóg.-armaz. ²	fanero-epíg.-foliac. ²	fanero-epíg.-foliac. ²	fanero-epíg.-foliac. ²	fanero-epíg.-foliac. ²
Propagação vegetativa	pouco viável ¹	viável ⁸	viável ¹²	viável?	viável ¹	viável ¹	viável?	viável?
Queda de folhas	persistente ²	decidual ²	decidual ¹⁰	persistente ²	decidual ¹	persistente ¹	decidual ²	decidual ²
época	/	jun. a set. ²	jul. a ago. ²	/	jul. a ago. ²	/	jun. a ago. ²	jul. a ago. ²
Preferência lumínica	interm. ³ /heliófito ⁴	heliófito ⁶	heliófito ¹¹	Interm. ² /esciófito ¹⁴	heliófito ¹⁷	heliófito ¹⁴	heliófito ²	heliófito/esciófito ⁶
Crescimento	início lento/rápido ¹	rápido ²	moderado/rápido ¹³	lento ^{6,13}	rápido ¹	moderado ¹	lento ¹	lento ⁶
Densidade da madeira (g/cm³)	0,50 a 0,6 ⁴	0,22 a 0,34 ⁹	0,58 a 0,70 ¹	0,85 ⁹	0,49 ⁹	0,49 a 0,8 ¹	0,63 a 0,77 ¹	0,67 ⁶
Ambiente predominante	florestal ²	formação pioneira ²	florestal ²	florestal ²	formação pioneira ²	florestal ²	formação pioneira ²	florestal ²
Porte (peq. <6m; médio 6-12m; grande >12m)	grande ²	médio/grande ⁶	grande ¹⁰	médio/grande ⁶	médio ¹	médio ¹	médio/grande ²	grande ⁶

1- CARVALHO (2003), 2- Observação pessoal, 3- DUARTE *et al.* (2002), 4- REITZ e KLEIN (1966), 5- GALETTO *et al.* (2000), 6- CARVALHO (no prelo), 7- LONGHI (1995), 8- CARPANEZZI *et al.* (2001), 9- LOPEZ *et al.* (1987), 10- INOUE *et al.* (1984), 11- REITZ *et al.* (1983), 12- KUHLMANN (1944), 13- RACHWAL *et al.* (2000), 14- INOUE e GALVÃO (1986), 15- BACKES e IRGANG (2002), 16- REITZ (1980), 17- REITZ (1983), 18- LENZI e ORTH (2004).

3 SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO DOS PROPÁGULOS

Conforme observado por HOOK (1984), a maior parte das plantas terrestres perde sua viabilidade se submersa em água por períodos muito prolongados. Isso ocorre porque a inundação do solo tem profundos efeitos na germinação das sementes, devido à restrição da disponibilidade de O₂ para o embrião, dificultando a ativação do processo fisiológico, podendo ocorrer o adiamento ou mesmo a prevenção da germinação em muitas espécies. MAYER e POLJAKOFF-MAYBER (1978) ainda destacam que essas condições favorecem o desenvolvimento de populações de microorganismos que podem competir com o embrião pelo pouco oxigênio disponível. Sendo assim, de maneira geral, espécies intolerantes ao alagamento têm a sua germinação inibida por períodos longos de embebição, enquanto que se esse processo ocorrer apenas por algumas horas ou poucos dias a germinação seria acelerada. Contudo, algumas espécies ocorrentes em áreas sazonalmente inundadas, demonstram uma capacidade variada de germinação, mesmo após seu propágulo permanecer por vários dias sob a água (KOZLOWSKI, 1997). Tal variação depende do seu grau de adaptação à condição de saturação hídrica e da sua estratégia de sobrevivência nessas condições, conforme poderá ser observado a seguir para as espécies estudadas.

3.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes Florestais do Centro de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, durante os anos de 2004 e 2005. Os propágulos utilizados foram coletados de, no mínimo, cinco árvores matrizes, preferencialmente localizadas nas proximidades do rio Iguaçu, nos arredores de Curitiba – PR e, depois de beneficiados, não passaram por nenhum tratamento pré-germinativo.

Em laboratório foram agrupados em 4 tratamentos e mais a testemunha, com 6 repetições de 40 unidades amostrais cada, à exceção de *Araucaria angustifolia*, para a qual foram usadas 25 unidades amostrais, devido ao grande tamanho dos seus propágulos. Os tratamentos consistiram na submersão em água destilada por diferentes períodos de tempo - 3, 7, 14 e 28 dias. Nos tratamentos de período mais longo, a água dos recipientes foi renovada a cada 5 dias, tentando-se,

assim, simular o melhor possível o ambiente natural de uma bacia de inundação, onde a água não fica totalmente estacionária. Para estabelecer uma comparação, foi organizado um conjunto de controle, montado da mesma maneira, porém, sem passar pelo processo de imersão. Ao deixarem a água (fase pela qual a testemunha não teve necessidade de passar) foram distribuídos uniformemente em recipientes do tipo gerbox, que continham 30 gramas de vermiculita média, umedecida com 90 ml de água destilada, mantendo a umidade próxima da capacidade de campo. Para *A. angustifolia*, pelo mesmo motivo citado anteriormente, o recipiente teve de ser alterado e suas unidades amostrais tiveram de ser colocadas em bandejas plásticas maiores, que mediam 17 x 27 x 5 cm, com 140 gramas de vermiculita e 420 ml de água. Alteração também teve de ser feita para *Salix humboldtiana*, que, por sua vez, tem uma semente muito pequena, de difícil visualização, para a qual foram utilizadas três folhas de papel filtro umedecidas como substrato. Posteriormente, seguiram para os germinadores do tipo Biomatic ©, sob temperatura de $25 \pm 2^\circ \text{C}$ e luz constantes. A emissão da radícula ao alcançar 4 mm de comprimento foi utilizada como critério de germinação, avaliado a cada dois dias. Como algumas espécies conseguiram germinar dentro da água, a contagem do tempo de germinação foi iniciada já na fase de submersão.

Após a coleta de dados foi calculada a porcentagem de germinação:

- $(\%G = (\sum ni \cdot N^{-1}) \cdot 100)$, onde:

ni – número total de sementes germinadas

N^{-1} – número de sementes dispostas para germinar

Para a avaliação da germinação utilizou-se técnica de modelos lineares generalizados (McCULLAGH e NELDER, 1989). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis repetições e a distribuição padrão foi a binomial com função de ligação logística. A verificação da significância dos efeitos foi feita através da estatística *deviance* assumindo-se independências das observações. A validação do ajuste do modelo foi verificada pelo gráfico meio-normal (*half-normal plot*) com envelope simulado (COLLET, 1991). A determinação dos valores máximos e mínimos de germinação, traduzindo o período ideal e o período suportável em submersão, foi estimada através de análise de regressão. Todas as análises foram implementadas através do sistema estatístico SAS.

3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

- *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná)

Visto a dificuldade de desenvolvimento das árvores adultas do pinheiro nos ambientes semi-hidromórficos e hidromórficos, que passam parte do tempo alagados (REITZ e KLEIN, 1966; LASSERRE, 1972; BOLFONI *et al.*, 1980), surpreendeu que os seus propágulos tenham suportado muito bem a imersão em água, mesmo em um período longo, como o de 28 dias (TABELA 3.1). Ainda que não tenham germinado em ambiente hidromórfico, a porcentagem final de germinação, depois de retirados destas condições, foi alta e homogênea entre os tratamentos, conforme se observa a seguir.

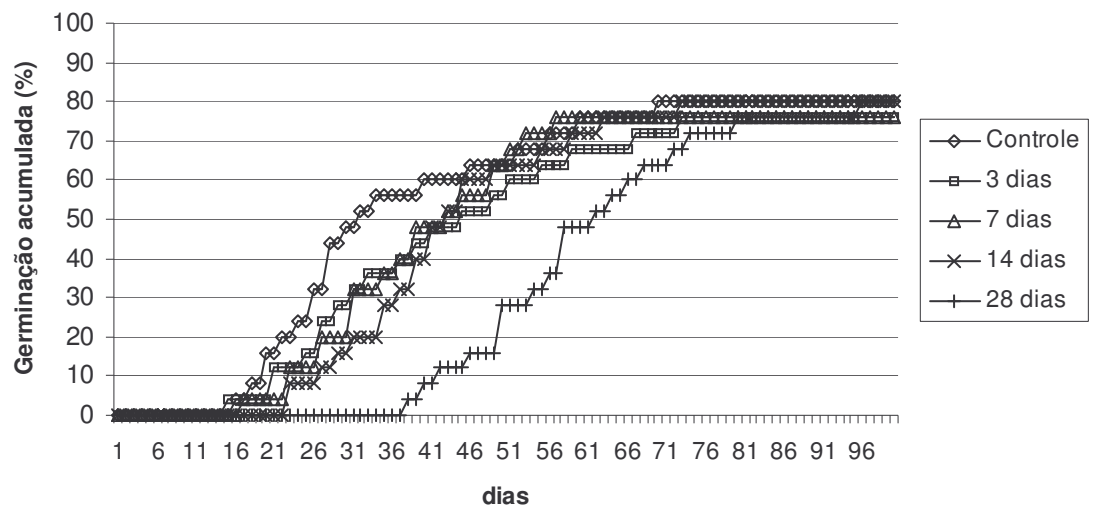
TABELA 3.1 – Valores médios da porcentagem final de germinação para *Araucaria angustifolia*.

Causa de variação	Porcentagem média de germinação
Controle	80,00
3 dias de submersão	78,00
7 dias de submersão	80,00
14 dias de submersão	79,33
28 dias de submersão	78,67
Deviance	1663,319
Valor de p	0,9985
Ponto de máxima germinação	9 dias
Ponto de mínima germinação	22 dias

Ao admitir-se que a perda da viabilidade das sementes de *A. angustifolia* está associada à redução do grau de umidade das sementes, conforme vários autores citados por CARVALHO (2003), e que se recomenda a sua conservação em ambientes de elevada umidade relativa, os resultados encontrados tornam-se melhor compreensíveis. Cabe ressaltar, todavia, que a baixa quantidade de oxigênio do ambiente aquoso não causou maiores prejuízos no desenvolvimento do embrião, embora a velocidade de germinação tenha sido maior para o controle, como indicado pela sua maior verticalização da curva de germinação média (FIGURA 3.1). O ponto de máxima germinação estaria aproximadamente aos 9 dias em água e o de mínima aos 22 dias.

Como importante detalhe, é interessante observar que o número de sementes germinadas que apresentaram um engrossamento anormal da radícula, ou bifurcação da mesma, aumentou com o maior tempo de exposição na água, se comparado ao controle, onde isso não ocorreu. Mas este comportamento somente foi expressivo para 7 dias em água, quando alcançou 12% do total de propágulos germinados. Estudos futuros poderiam tratar da questão para ratificar ou não a influência da menor quantidade de oxigênio neste comportamento.

FIGURA 3.1 – Germinação média dos propágulos de *Araucaria angustifolia* em função da inundação simulada (o tempo em água dos tratamentos também foi contemplado na figura).



- *Erythrina crista-galli* (corticeira-do-banhado)

Demonstrando toda a sua adaptação à saturação hídrica, praticamente todos os propágulos dos tratamentos de 14 e 28 dias de submersão que germinaram o fizeram ainda dentro da água. A protrusão da radícula e o rompimento do tegumento (predominantemente para as sementes de maiores tamanhos) tiveram início de maneira vigorosa em pouco mais de 24 horas em imersão. Sob umidade à capacidade de campo, quando o processo de embebição e a ativação metabólica são mais lentos, esse processo demorou seis dias. Tal diferença é percebida claramente na FIGURA 3.2. A porcentagem final de germinação foi bastante alta e uniforme entre os tratamentos (TABELA 3.2; FIGURA 3.2), muito maior do que a

encontrada por MUNIZ *et al.*(2003)⁴ citado por CARVALHO (no prelo), que foi de 12% para sementes embebidas por 24 horas e de 34,7% para as que foram escarificadas mecanicamente. Exatamente ao contrário de *A. angustifolia*, seu ponto de germinação máxima foi aos 20 dias e de germinação mínima aos 8 dias em água.

TABELA 3.2 – Valores médios da porcentagem final de germinação para *Erythrina crista-galli*.

Causa de variação	Porcentagem média de germinação
Controle	85,83
3 dias de submersão	90,83
7 dias de submersão	86,67
14 dias de submersão	91,25
28 dias de submersão	90,00
Deviance	829,837
Valor de p	0,2012
Ponto de máxima germinação	20 dias
Ponto de mínima germinação	8 dias

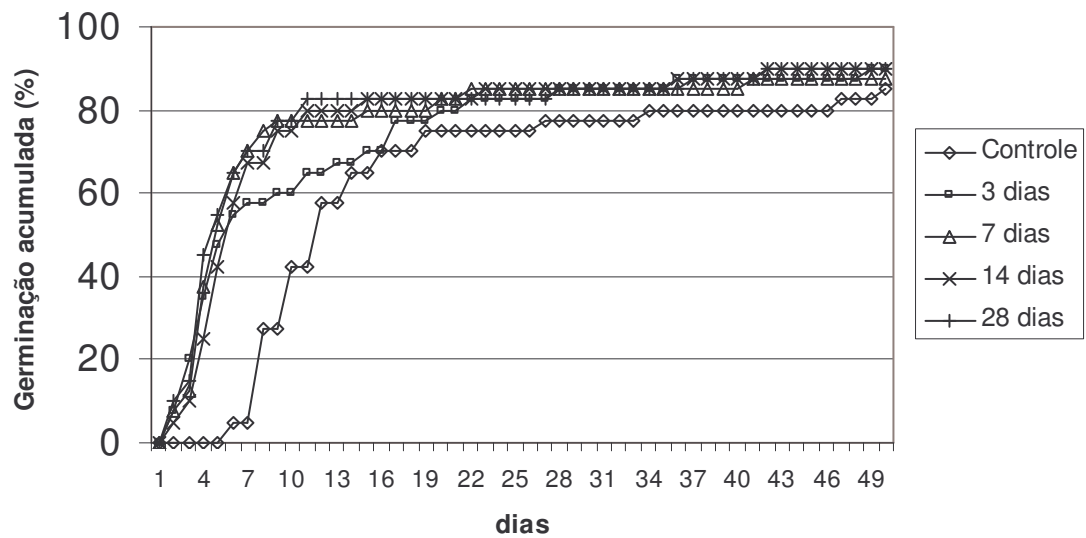
Como fato relevante, a espécie foi a única que apresentou grande desenvolvimento das plântulas dentro da água destilada (isenta de nutrientes) nos gerbox, ultrapassando facilmente 10 cm de comprimento do caule e da raiz ainda durante o experimento (28 dias), certamente em função da grande quantidade de reservas das suas sementes.

Dentre as espécies arbóreas de clima temperado que alcançam boa germinação mesmo estando submersas, HOOK (1984) destaca *Ulmus americana*, *Populus deltoides* e *Salix nigra*, todas de marcada ocorrência em áreas de planícies inundáveis.

Deve-se salientar, ainda, que do lote coletado de aproximadamente 8 árvores matrizes, o número de sementes atacadas por insetos foi alto, chegando a 19,7% do total.

FIGURA 3.2 – Germinação média dos propágulos de *Erythrina crista-galli* em função da inundação simulada.

⁴ MUNIZ, M. F. B.; MOREIRA, J. R.; ROSA, F. C.; PIVETTA, G. Estudo da germinação em sementes de *Erythrina crista-galli* L. (corticeira-do-banhado). Informat. ABRATES, Londrina, v. 13, n. 3, p.358, 2003.



- *Luehea divaricata* (açoita-cavalo)

Apesar de CARVALHO (2003) afirmar que o poder germinativo da espécie é bastante variável, o lote de sementes utilizado no experimento apresentou uma taxa de germinação bastante alta e homogênea entre os tratamentos (FIGURA 3.3, TABELA 3.3). A maior diferença foi encontrada para as sementes que ficaram três dias em água (85,42%), até alcançar 91,67% aos 14 dias de submersão, sem representar, portanto, diferenças significativas. O ponto de mínima germinação foi aos 4 dias em água e de máxima aos 21 dias. Assim como *E. crista-galli*, teve germinação acentuada ainda dentro da água (aproximadamente 80% das sementes do tratamento de 28 dias de submersão), revelando grande habilidade inicial de desenvolvimento em ambientes hipóxicos. Convém salientar, que as plântulas assim germinadas permaneceram vivas dentro da água por aproximadamente 5 semanas, depois do que, começaram a morrer.

As sementes, quando submersas, iniciaram a germinação após 10 dias do início do experimento, enquanto que no conjunto de controle este período foi de 4 dias, demonstrando a importância da oxigenação na aceleração de seu metabolismo, conforme se observa na FIGURA 3.3. O conjunto de 28 dias foi o que teve a germinação mais retardada devido à submersão em água, o que caracteriza a necessidade de oxigênio para a germinação.

FIGURA 3.3 – Germinação média dos propágulos de *Luehea divaricata* em função da inundação simulada.

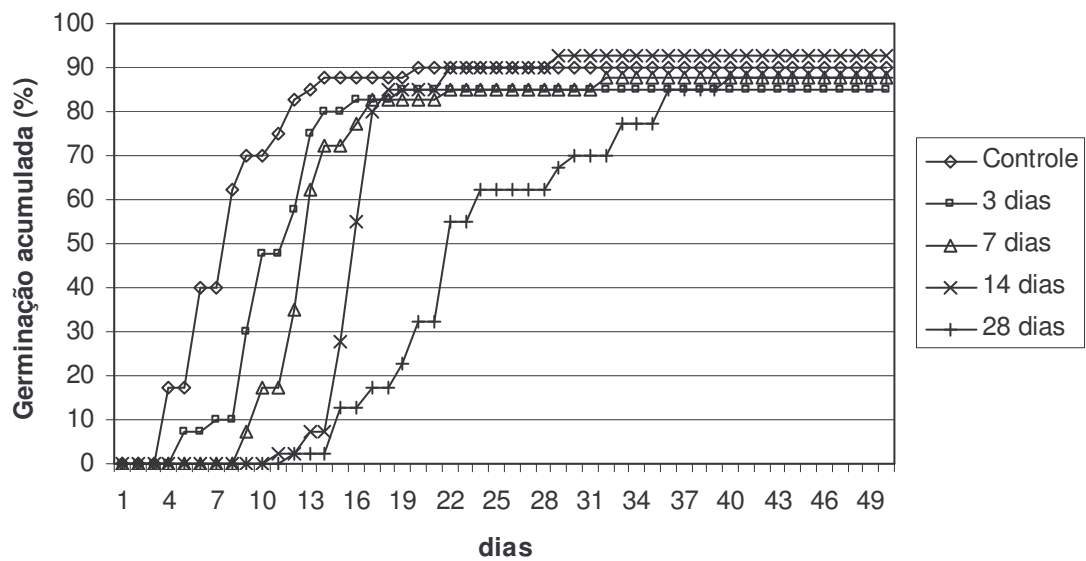


TABELA 3.3 – Valores médios da porcentagem final de germinação para *Luehea divaricata*.

Causa de variação	Porcentagem média de germinação
Controle	90,00
3 dias de submersão	85,42
7 dias de submersão	86,25
14 dias de submersão	91,67
28 dias de submersão	88,30
Deviance	858,222
Valor de p	0,1757
Ponto de máxima germinação	21 dias
Ponto de mínima germinação	4 dias

- *Matayba elaeagnoides* (miguel-pintado)

Das espécies estudadas, o miguel-pintado foi o que mais claramente apresentou redução da porcentagem final de germinação, conforme o maior tempo de imersão. Enquanto o conjunto de controle obteve 93,75%, após passar por três dias de submersão, este número diminui para 68,33%, alcançando apenas 29,58% depois de sete dias em água. Para o tratamento de quatorze dias de imersão, de todo o conjunto de sementes, apenas 4 germinaram, o que manteve a média muito próxima de zero, sendo totalmente nula após passar por quatro semanas em água. A máxima germinação calculada foi igual a zero, enquanto a mínima ocorreria aos 11 dias em água. Dessa maneira, a diferença obtida entre os tratamentos foi bastante

significativa (TABELA 3.4). Ainda assim, deve-se citar que, segundo CARVALHO (no prelo), a germinação da espécie é irregular, variando de 40 a 80%, sendo que em FINEP-UFPR (1981) foi de apenas 20,25% para sementes com 30,8% de umidade. Conforme se observa na FIGURA 3.4, a germinação iniciou somente após a retirada dos propágulos da água, denotando a dificuldade de processamento metabólico com a falta de O₂. A velocidade de germinação também foi mais alta para os menores períodos de imersão e para conjunto de umidade sob capacidade de campo (controle), conforme se nota pelas suas curvas bastante acentuadas. Neste caso, portanto, o longo tempo de embebição foi prejudicial, traduzindo a dificuldade de propagação da espécie em substratos encharcados por longo tempo.

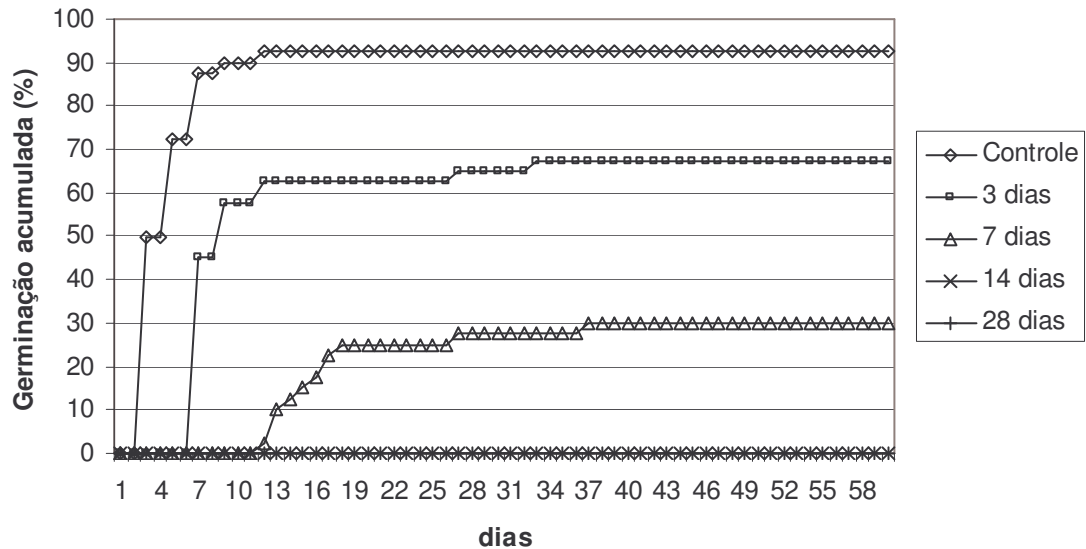
TABELA 3.4 – Valores médios da porcentagem final de germinação para *Matayba elaeagnoides*.

Causa de variação	Porcentagem média de germinação
Controle	93,75
3 dias de submersão	68,33
7 dias de submersão	29,58
14 dias de submersão	0
28 dias de submersão	0
Deviance	744,087
Valor de p	<0,0001
Ponto de máxima germinação	0 dias
Ponto de mínima germinação	11 dias

Uma relação bastante similar a esta foi verificada por MARQUES *et al.* (1996) para as espécies *Cedrela fissilis* (cedro) e *Parapiptadenia rigida* (angico), pois além de não germinarem imersas em água, apresentaram reduções significativas conforme maior tempo de submersão. Para *Cedrela fissilis* ocorreu uma gradual queda da germinação até o 10º dia de tratamento e após 20 dias as sementes se tornaram inviáveis. Para *Parapiptadenia rigida*, após 5 dias em água a germinação diminuiu 50% e após 10 dias foi totalmente inibida. Segundo os autores, a inviabilidade de sementes nessa condição estaria relacionada, entre outras, com a produção de altos níveis de etanol, que promove desestruturação de membranas celulares, enquanto a tolerância estaria relacionada com a regulação da glicólise, que evitaria o acúmulo deste metabólito. Vale lembrar que tanto *Cedrela fissilis*, como *Parapiptadenia rigida* preferencializam as porções mais alçadas e pouco

influenciadas pela água em planícies aluviais, ainda que a *P. rigida* possa ser encontrada em solos semi-hidromórficos (Observação Pessoal).

FIGURA 3.4 – Germinação média dos propágulos de *Matayba elaeagnoides* em função da inundação simulada.



- *Salix humboldtiana* (salseiro)

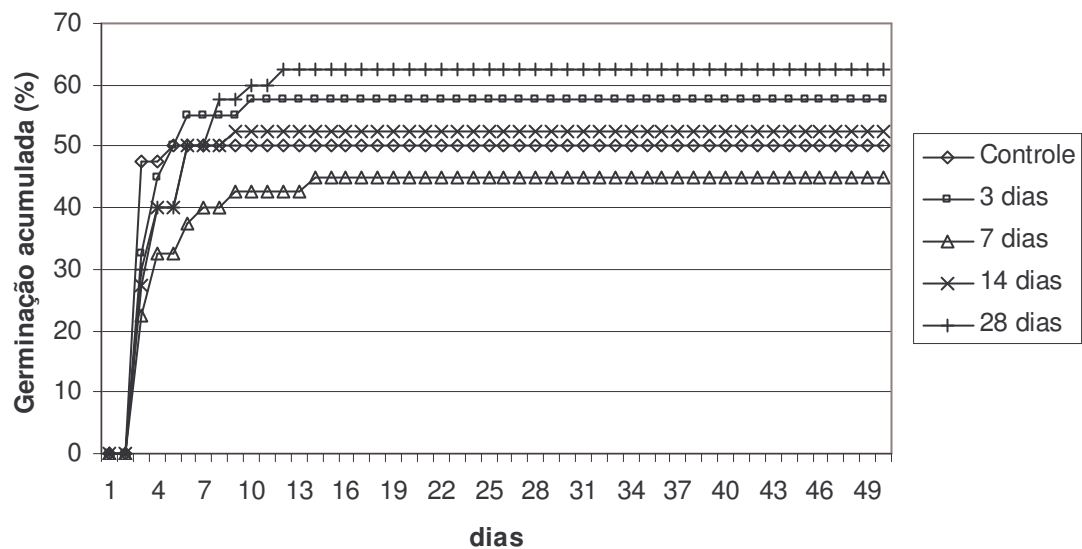
A exemplo de outras espécies que produzem uma quantidade extremamente grande de sementes, como *Piptocarpha angustifolia* (CARVALHO, 2003), o poder germinativo foi baixo, em torno de 53%. A significância obtida ($P = 0,0024$ – TABELA 3.5) deve-se muito mais a grande variação de germinação, característica da espécie, do que propriamente aos tratamentos. Como prova de sua boa adaptação às condições de hidromorfia, sua maior média foi obtida aos 28 dias de submersão, sendo que o ajuste de regressão forneceu 24 dias de germinação máxima e a mínima aos 9 dias. Com grande capacidade metabólica em água, a velocidade de germinação foi muito parecida ao longo dos tratamentos (FIGURA 3.5), pois para todas as situações a protrusão da radícula iniciou no terceiro dia. Tal capacidade de germinação, mesmo imersa em água, é comum para as espécies do gênero *Salix* (KOZLOWSKI, 1997).

TABELA 3.5 – Valores médios da porcentagem final de germinação para *Salix humboldtiana*.

Causa de variação	Porcentagem média de germinação
Controle	50,83
3 dias de submersão	58,33
7 dias de submersão	44,58

14 dias de submersão	52,92
28 dias de submersão	61,25
Deviance	1640,185
Valor de p	0,0024
Ponto de máxima germinação	24 dias
Ponto de mínima germinação	9 dias

FIGURA 3.5 – Germinação média dos propágulos de *Salix humboldtiana* em função da inundação simulada.



Um detalhe importante refere-se ao pequeno período de armazenamento que as sementes suportam sob temperatura ambiente, perdendo a viabilidade em aproximadamente 14 dias (CARVALHO, *op. cit.*). Contudo, neste experimento, após germinadas em água, permaneceram vivas em meio aquoso por mais de 70 dias, após o que, começaram a ocorrer perdas com maior intensidade. Apesar de manterem-se vivas, suas milimétricas plântulas, dependentes dos nutrientes provindos do substrato para crescerem, não se desenvolveram em água destilada, ao contrário de *E. crista-galli*.

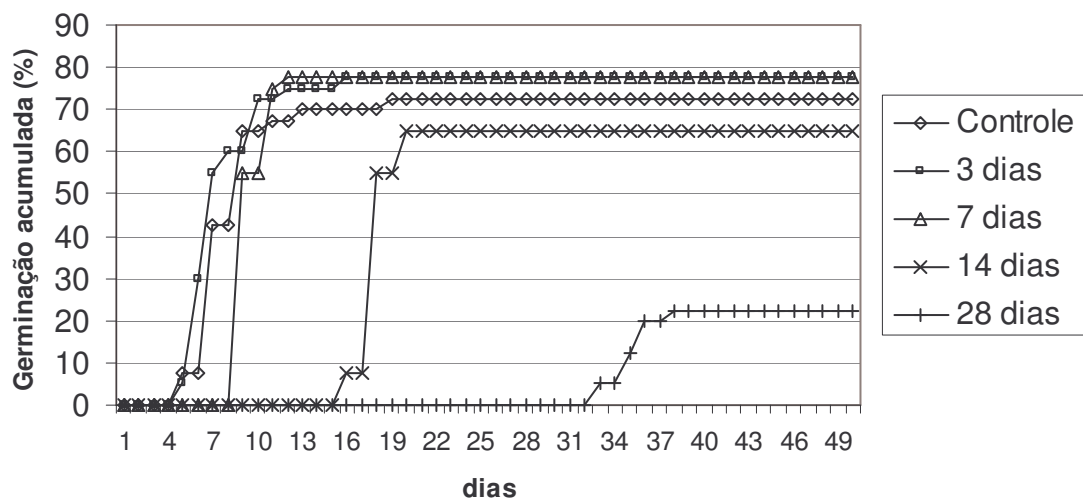
A porcentagem final de germinação foi muito mais alta do que a citada por CARVALHO (*op. cit.*) para a espécie, de no máximo 10%. O valor tão baixo encontrado pelo autor provavelmente se deve à dificuldade observada de germinação da espécie em semeadura convencional em sementeiras. Pois o salseiro demonstrou grande necessidade de umidade quando recém-germinado e somente

apresentou desenvolvimento mais efetivo quando plantado em vasos, com lâmina de água a poucos centímetros da superfície durante seus 30 primeiros dias de vida.

- *Schinus terebinthifolius* (aroeira)

Os resultados indicam um equilíbrio na porcentagem final de germinação desde a testemunha até o tratamento de 7 dias de imersão, quando foi alcançado 77,50%, valor muito parecido com a média de 80%, citada por CARVALHO (2003). Apesar de haver uma redução após duas semanas em água (65,83%), somente com quatro semanas é que a média foi expressivamente mais baixa (26,25%) do que as demais (FIGURA 3.6, TABELA 3.6.). Assim, o período de melhor germinação foi alcançado aos 5 dias de germinação e o de mínima acima dos 28 dias. A embebição foi importante para a aceleração da germinação, já que após 48 horas da sua saída dos tratamentos 3, 7 e 14 dias em água a germinação havia iniciado, enquanto para o controle esse tempo foi dobrado (4 dias).

FIGURA 3.6 – Germinação média dos propágulos de *Schinus terebinthifolius* em função da inundação simulada.



Ao final do experimento ficou clara a tolerância da espécie ao ambiente hipóxico, ao menos na fase germinativa, obtendo resultado melhor inclusive do que *Talauma ovata* (LOBO e JOLY, 1996), espécie dita como característica de áreas inundadas por longos períodos. Segundo estes autores as sementes de *T. ovata* perderam totalmente a viabilidade após permanecerem um mês em água.

TABELA 3.6 – Valores médios da porcentagem final de germinação para *Schinus terebinthifolius*.

Causa de variação	Porcentagem média de germinação
Controle	72,08
3 dias de submersão	77,50
7 dias de submersão	77,50
14 dias de submersão	65,83
28 dias de submersão	26,25
Deviance	1380,616
Valor de p	<0,0001
Ponto de máxima germinação	5 dias
Ponto de mínima germinação	28 dias

- *Sebastiania commersoniana* (branquilho)

Confirmando sua condição de tolerância ao ambiente alagado sazonalmente, *S. commersoniana*, assim como *E. crista-galli*, *Luehea divaricata* e *Salix humboldtiana*, apresentou a emissão da radícula ainda dentro da água, passados apenas 5 a 6 dias do início do experimento. As sementes assim germinadas representaram aproximadamente 30% do total de unidades amostrais para os tratamentos de 14 e 28 dias (FIGURA 3.7; TABELA 3.7).

Contudo, observou-se que a espécie possui certa dificuldade de desenvolvimento em água estagnada, pois seus propágulos que apresentaram leve decréscimo de germinação com 2 semanas de embebição, confirmaram essa tendência com uma redução expressiva após 4 semanas em água (58,75%). Tanto assim, que a máxima germinação foi registrada para o conjunto controle e o de mínima foi aos 28 dias, assim como a mínima velocidade de germinação. Ademais, após duas semanas submersas, as pequenas plântulas começaram a se decompor, provavelmente em função de uma maior demanda por oxigênio e nutrientes, não suprida pelo ambiente aquoso estagnado.

FIGURA 3.7 – Germinação média dos propágulos de *Sebastiania commersoniana* em função da inundação simulada.

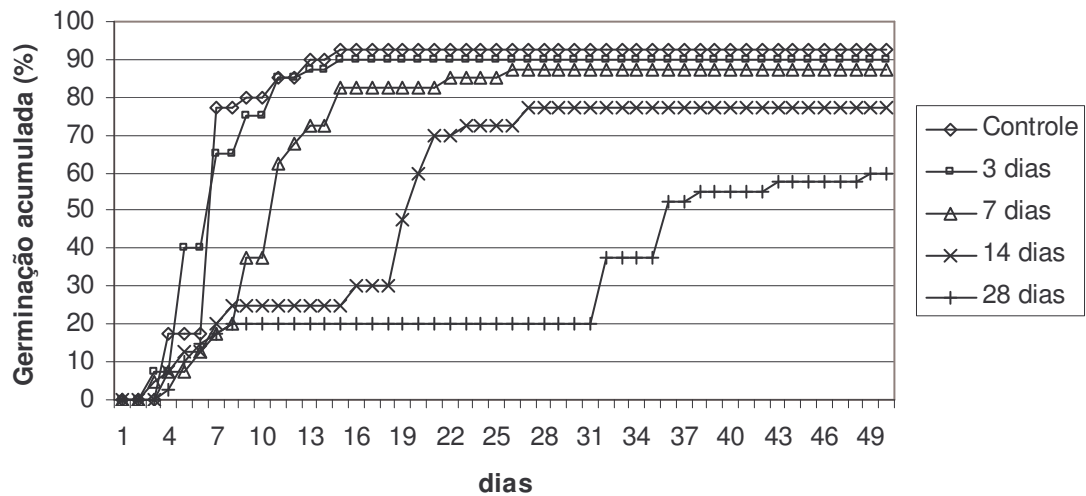


TABELA 3.7 – Valores médios da porcentagem final de germinação para *Sebastiania commersoniana*.

Causa de variação	Porcentagem média de germinação
Controle	92,50
3 dias de submersão	90,83
7 dias de submersão	86,67
14 dias de submersão	78,75
28 dias de submersão	58,75
Deviance	1036,616
Valor de p	<0,0001
Ponto de máxima germinação	0 dias
Ponto de mínima germinação	28

- *Vitex megapotamica* (tarumã)

Durante o experimento feito para esta espécie, em 2004, um acidente inutilizou os gerbox onde se encontravam as sementes pertencentes ao conjunto de controle e ao conjunto de 14 dias de submersão. Sendo assim, no ano seguinte foi repetido o experimento, coletando-se os frutos das mesmas árvores matrizes. Contudo, a diferença de germinação de uma safra para a seguinte foi extremamente grande, não permitindo uma melhor comparação entre ambos. A safra do ano de 2004 teve uma viabilidade muito maior do que a de 2005, cujas sementes foram utilizadas somente para o grupo controle e 14 dias de submersão, que haviam sido perdidos.

Apesar disso, pode-se observar que o tratamento de 7 dias de imersão foi o que obteve o maior valor (69,58%) e proporcionou uma maior rapidez da germinação, pois logo ao sair do meio hipóxico as sementes germinaram. Notou-se também que após 28 dias em água, a taxa de desenvolvimento das sementes foi prejudicada, mas ainda assim atingiu quase 20% de germinação (TABELA 3.8, FIGURA 3.8). Pode-se indicar ainda que as duas semanas em água não foram significativamente diferentes do controle e que tais efeitos foram semelhantes aos encontrados para *Schinus terebinthifolius* e *Sebastiania commersoniana*. Com base nos resultados, o ponto de máxima germinação ocorreu aos 6 dias em água, enquanto o de mínima esteve acima de 28 dias.

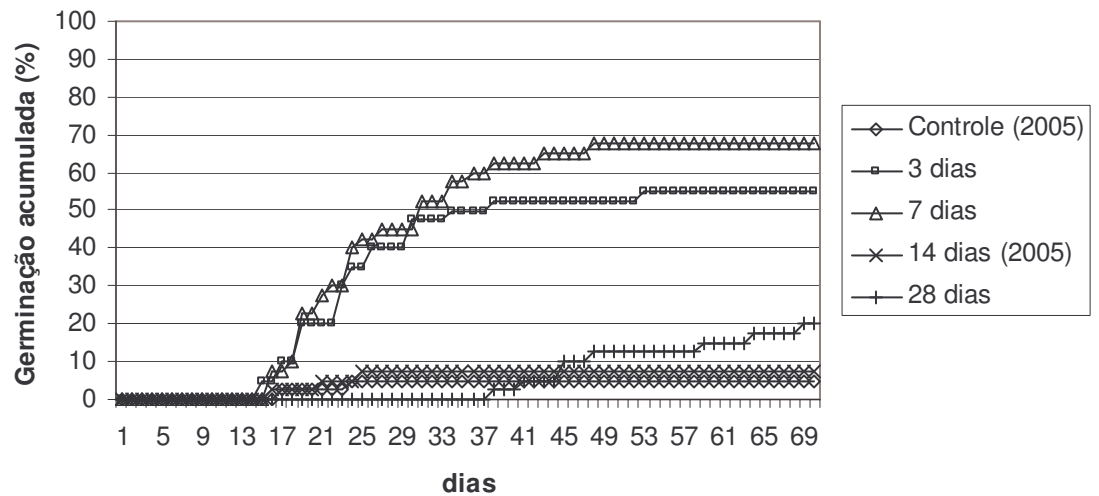
TABELA 3.8 – Valores médios da porcentagem final de germinação para *Vitex megapotamica*.

Causa de variação	Porcentagem média de germinação
3 dias de submersão	57,08
7 dias de submersão	69,58
28 dias de submersão	17,50
Controle (2005)	5,83
14 dias de submersão (2005)	7,92
Deviance	1084,853
Valor de p	<0,0001
Ponto de máxima germinação	6 dias
Ponto de mínima germinação	28 dias

Os resultados obtidos no ano de 2004 foram mais altos do que o citado por CARVALHO (no prelo), que era entre 30 e 50% de germinação. Já os resultados de 2005 estão muito abaixo destes valores e aproximam-se muito do citado por FINEP-UFPR (1981), de apenas 2% para sementes imersas em água por 72 horas. Estes últimos autores, afirmam que a espécie requer tratamento pré-germinativo para a quebra da dormência, pois as sementes testadas tinham vitalidade positiva quando submetidas ao teste de tetrazólio.

Porém, de concreto, pode-se afirmar apenas que a espécie não germina imersa em água, que tem a sua germinação fortemente diminuída após passar 28 dias em ambiente hipóxico e que tem variações na viabilidade de suas sementes, extremamente acentuadas em diferentes anos de colheita.

FIGURA 3.8 – Germinação média dos propágulos de *Vitex megapotamica* em função da inundação e do ano de coleta.



Observando esse conjunto de espécies, fica muito clara a divisão das mesmas em dois grupos, o primeiro formado por *Araucaria angustifolia*, *Matayba elaeagnoides*, *Schinus terebinthifolius* e *Vitex megapotamica*, as quais germinaram apenas quando saíram da água e encontraram um substrato melhor drenado. Destas, as três últimas tiveram diminuição significativa de germinação ao passarem mais de 14 dias em água estagnada, sendo *M. elaeagnoides* realmente a mais afetada, pois teve praticamente o seu desenvolvimento anulado nos mais longos períodos de submersão. Tais espécies somente se instalariam após a regressão de uma suposta enchente, quando o substrato estaria melhor drenado.

Um segundo grupo foi formado por *Erythrina crista-galli*, *Luehea divaricata*, *Salix humboldtiana* e *Sebastiania commersoniana*, representando as espécies que germinaram quando ainda submersas. Também foram observadas variações entre estas espécies quanto à porcentagem de sementes germinadas para os períodos mais longos de imersão (14 e 28 dias). Tais diferenças auxiliam na sua subdivisão e proporcionam um melhor enquadramento das mesmas na questão de tolerância ao tempo de inundação, como pode ser visto na TABELA 3.9, a seguir.

TABELA 3.9 – Relação entre o número total de sementes germinadas (n.g.) e número total de sementes germinadas sob imersão (n.g.a.) para os períodos de 14 e 28 dias, sendo % g.a - porcentagem de sementes germinadas em água.

Espécie/tratamento	14 dias de submersão	28 dias de submersão
--------------------	----------------------	----------------------

	n.g.	n.g.a.	% s.g.a	n.g	n.g.a.	%g.a
<i>E. crista-galli</i>	36	33	92	35	34	97
<i>L. divaricata</i>	37	3	8	35	25	80
<i>S. humboldtiana</i>	21	21	100	25	25	100
<i>S. commersoniana</i>	31	10	32	24	8	33

Nota-se, desta maneira, que *E. crista-galli*, *S. humboldtiana* e *S. commersoniana*, com apenas 2 semanas, alcançaram praticamente a quantidade de germinação que lhes foi possível sob a água, muito alta para as duas primeiras espécies e relativamente baixa para a última. Porcentagem bastante significativa também foi alcançada por *L. divaricata*, demonstrando, porém, maior lentidão sob imersão, visto que a diferença entre os tratamentos foi acentuada. Portanto, as condições hipóxicas não foram limitantes para a germinação de sementes de *E. crista-galli* e *S. humboldtiana*, foram pouco limitantes para *L. divaricata* e limitantes para *S. commersoniana*. Contudo, vale lembrar que parte dos propágulos de *L. divaricata* e *S. commersoniana* também se mantiveram latentes enquanto submersos, germinando ao encontrarem um substrato melhor drenado. Isto equivale a dizer que estas espécies podem ser consideradas como transitivas entre os grupos assinalados.

Para compreender melhor estas respostas como estratégias de sobrevivência das espécies ao ambiente sazonalmente inundado onde vivem, é necessário perceber que germinar dentro da água não é necessariamente vantajoso. A não ser que a plântula recém-germinada seja grande o suficiente para conseguir fixar suas raízes no substrato e lançar sua folhagem acima do espelho da água (HOOK, 1984; KITAJIMA e FENNER, 2000). Isso somente aconteceria se a inundação fosse superficial e desprovida de correnteza, sendo *E. crista-galli* a única espécie com possibilidades de cumprir tais requisitos, até mesmo pelo ambiente preferencial onde habita, na bacia de inundação. Uma segunda possibilidade seria a manutenção da plântula em flutuação durante o tempo necessário até a regressão da água. Neste caso, quanto maior o período de inundação, maior o empecilho para algumas espécies, mas a força da corrente já não seria limitante, pelo contrário, promoveria maior aeração do meio. Como espécies que poderiam se encaixar neste perfil tem-se *S. humboldtiana*, *S. commersoniana* e *L. divaricata*, sendo que as duas últimas não suportam mais do que poucas semanas viáveis em suspensão, como comprovado nos experimentos.

Disso resulta que a manutenção de um baixo metabolismo das sementes enquanto mergulhadas na água e com possibilidade de germinação com o recuo do alagamento, torna-se bastante interessante e preveniria perdas significativas de descendência. Segundo HOOK (*op. cit.*), as espécies dominantes em bacias de inundação no sul dos Estados Unidos, onde o alagamento é prolongado, não germinam dentro da água. Ajustar-se-iam nesta situação *S. commersoniana*, *L. divaricata*, *A. angustifolia*, *M. elaeagnoides*, *S. terebinthifolius* e *V. megapotamica*, cada qual suportando um determinado período de submersão.

Nota-se, assim, que apenas *S. commersoniana* e *L. divaricata* encontram-se em diferentes grupos, ou seja, teoricamente teriam maiores possibilidades de êxito em seu estabelecimento, por adaptarem-se a variadas situações. Por sua vez, *E. crista-galli* e *S. humboldtiana*, de um lado, e *A. angustifolia*, *M. elaeagnoides*, *S. terebinthifolius* e *V. megapotamica*, de outro, são observadas em um grupo somente, com menores chances hipotéticas de sucesso, para condições mais específicas de inundação.

4 SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO DAS PLÂNTULAS

A tolerância à inundação das plantas e em especial de árvores, é muito variável e depende de muitos fatores. Independentemente das espécies, reconhece-se que quanto mais velho o indivíduo, maior a sua probabilidade de sobrevivência ao alagamento, sendo, portanto, considerado que árvores adultas são mais tolerantes do que plântulas (KOZLOWSKI, 1984). Além disso, a velocidade da água de inundação é essencial, já que a água estagnada causa muito mais injúrias do que a água corrente. Também a época e a duração dos eventos são importantes, pois se ocorrem na estação de dormência (inverno) e por curtos períodos, não causam tantos problemas quanto os de longa duração, na estação de crescimento (primavera-verão) (KOZLOWSKI, 1997).

As características que permitem a manutenção das plântulas em condições de alagamento são preponderantes na determinação da distribuição e composição das espécies de áreas influenciadas pelas águas de transborde (KOZLOWSKI, 1984; 1997). Contudo, os mecanismos que permitem a sua sobrevivência são complexos e envolvem múltiplas interações entre adaptações morfológicas, anatômicas e

fisiológicas (KOZLOWSKI, 1997). Neste trabalho foram consideradas apenas as alterações morfológicas observadas nos experimentos e citados da bibliografia, quando encontrados, os demais tipos de adaptação para as espécies em apreço.

O ajuste mais importante de que as árvores se utilizam é a absorção de oxigênio pelos tecidos aéreos, seu transporte rumo à base através do caule e a difusão até as raízes, para que ocorra a oxigenação da rizosfera. Com isso, a absorção dos minerais pelas raízes pode ser incrementada e os compostos tóxicos formados pelos solos reduzidos são oxidados para que se tornem menos nocivos. Dentre as modificações morfo-anatômicas que favorecem o aumento da absorção de O₂ pelos tecidos aéreos e seu eficiente transporte, são comumente citados: a produção de lenticelas hipertrofiadas, tecidos aerenquimáticos e raízes adventícias (HOOK, 1984; KOZLOWSKI, 1997; FERREIRA *et al.*, 2001; MEDRI *et al.*, 2002), que podem ser encontrados todos juntos em uma mesma planta. Além do mais, as raízes adventícias, geralmente associadas às espécies que melhor toleram a inundação, seriam responsáveis por absorverem água e sais minerais, além de sintetizarem giberelinas e citocininas, transportadas para suprir a demanda das folhas (GILL, 1970; KOZLOWSKI, 1984).

Outras influências comuns são a inibição do crescimento e desenvolvimento da planta como um todo e a origem de injúrias nas folhas, como senescência, abscisão e epinastia. Não raramente, observam-se também a decomposição de porções da raiz original, após ser submetida a anoxia ou mesmo hipoxia (KOZLOWSKI, 1984).

Muitas destas respostas foram encontradas para as espécies estudadas e ajudam a compreender melhor a ecologia e tolerância de cada uma delas às enchentes, conforme detalhado a seguir.

4.1 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O experimento foi montado e conduzido no interior de uma estufa do tipo túnel, localizada no campus Jardim Botânico, no Centro de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Paraná, durante os anos de 2004 e 2005. Umidade e temperatura não foram controladas, sendo apenas promovida a cobertura com plástico transparente e sombrite com 50% de luminosidade.

Do excedente da coleta dos propágulos utilizados para estudo da germinação, foram produzidas as mudas que serviram para este experimento. Colocados a germinar diretamente dentro de vasos de 12 cm de diâmetro por 20 cm de altura, contendo substrato eutrófico com grande porcentagem de matéria orgânica (TABELA 4.1), permaneceram com umidade próxima da capacidade de campo, até alcançarem a idade de 5 meses, quando se iniciou o estudo propriamente dito.

TABELA 4.1 – Resultados da análise química e granulométrica do substrato utilizado no experimento de simulação de inundação dos propágulos.

g/100g					pH	g/kg	Cmol _c /dm ³					mg/dm ³		%
Areia	A.grossa	A.fina	Silte	Argila	CaCl ₂	C	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ Al ³⁺	P	Na	V
37	25	12	24	39	7,15	158,87	3,35	8,04	1,10	0,00	1,74	376,3	142	88,28

As mudas foram dispostas em delineamento inteiramente casualizado, compostas por 3 tratamentos e mais o controle, com 6 repetições de cinco vasos, totalizando 30 mudas por tratamento e 120 para cada espécie. Todas as plântulas foram colocadas dentro de bacias plásticas de 25 litros que, à exceção do conjunto de controle, mantido com umidade à capacidade de campo, foram completamente cheias de água, resultando na submersão de aproximadamente 2 cm acima do colo. Dessa maneira, trabalhou-se com plantas jovens em água estacionária, promovendo severa limitação ao desenvolvimento das espécies. As mudas ficaram nesta condição por 14, 28 e 56 dias, tendo sua água trocada a cada semana. Um dia antes de iniciar o experimento, foram medidos o número de folhas, diâmetro do colo e comprimento de todas as 120 mudas. Ao final do período de alagamento, repetiu-se a medição destas mesmas variáveis, sendo o controle avaliado uma única vez, juntamente com o último tratamento (56 dias). Buscando facilitar a análise dos dados, fez-se a divisão dos valores dos parâmetros de crescimento encontrados depois do alagamento pelo valor antes deste. Assim, a razão dos parâmetros propicia uma

menor variância e, ao mesmo tempo, exprime a porcentagem final de desenvolvimento da muda.

No final dos tratamentos ainda foram avaliadas, em duas plântulas por repetição (12 para cada tratamento), a massa seca do caule (g), massa seca aérea (caule mais folhas - g) e a massa seca da raiz (g), após a secagem em estufa a 60°C por 72 horas. Além disso, utilizando-se do programa WinRizo, do Departamento de Fitopatologia do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, avaliou-se o comprimento (cm), a área superficial ocupada (cm²) e o volume (cm³) das raízes das mudas.

Deve-se ressaltar que as raízes adventícias que se desenvolveram em algumas espécies nos tratamentos de alagamento foram avaliadas em conjunto com as raízes originais. E mais uma vez, deve-se salientar que o conjunto de controle foi avaliado apenas uma vez, junto com o último tratamento.

Para a avaliação do desenvolvimento utilizou-se técnica de modelos lineares generalizados (McCULLAGH e NELDER, 1989). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com seis repetições e a distribuição padrão foi a binomial com função de ligação logística. A verificação da significância dos efeitos foi feita através da estatística *deviance*, assumindo-se independências das observações. A validação do ajuste do modelo foi verificada pelo gráfico meio-normal (*half-normal plot*) com envelope simulado (COLLET, 1991).

As diferenças de desenvolvimento foram observadas por contrastes ortogonais, previamente definidos: contraste 1 – 14, 28 e 56 dias em água vs Controle; contraste 2 – 14 e 28 dias em água vs 56 dias em água; contraste 3 - 14 dias em água vs 28 dias em água, com um grau de liberdade (STELL e TORRIE, 1980). Assim, a comparação feita entre o conjunto de controle e o conjunto sob 56 dias de submersão, sintetizando os resultados ao final das análises, não foi direta, e sim relacionada ao teste como um todo. Todas as análises foram implementadas através do sistema estatístico SAS.

4.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao iniciar a análise dos dados, é importante observar que, como o conjunto de controle foi avaliado junto com o tratamento mais longo, de 56 dias de inundação, os outros dois tratamentos (14 e 28 dias em água) tiveram menor tempo de desenvolvimento. Por isso, parte-se do pressuposto que, salvo outras influências, os tratamentos intermediários devem apresentar menores taxas de crescimento.

- *Araucaria angustifolia* (pinheiro-do-paraná)

O experimento para esta espécie transcorreu entre outubro e dezembro (primavera), em época de intenso crescimento. Assim como *A. bidwilli* (KOZLOWSKI, 1997), *A. angustifolia* apresentou lenticelas hipertrofiadas, que se formaram inicialmente no hipocótilo aos 14 dias em água estagnada e após 50 dias revestiam todo o colo das plântulas (FIGURA 4.17). Raízes adventícias muito insipientes foram observadas aos 56 dias de submersão.

Os descritores aéreos de desenvolvimento da muda, massa seca aérea e comprimento total, demonstraram que o ambiente hipóxico prejudicou o crescimento, já que houve diferenças significativas entre controle e os demais tratamentos (TABELAS 4.2 e 4.3), mas não foi fortemente limitante, pois não houve uma estacionalidade. Tanto assim, que a altura média das plântulas do conjunto por mais tempo saturado hidricamente foi de 26,3 cm, enquanto do conjunto de controle foi pouco superior, com 31,2 cm. O registro de que o diâmetro da base foi maior para o período de 56 dias em água, deve-se muito mais à hipertrofia lenticelar nesta porção, do que a um maior crescimento cambial, conforme já alertado por KOSLOWSKI (1997). Contudo, seguramente as raízes tiveram seu desenvolvimento prejudicado (FIGURAS 4.1 e 4.2) ao passarem pelos tratamentos de saturação hídrica. Isso se caracterizou não só pela redução significativa dos valores obtidos para o volume, a superfície e o comprimento (TABELAS 4.2 e 4.3), bem como pela aparência das mesmas, percebendo-se a ausência de grande parte das raízes de menores diâmetros, decompostas. A isso se deve, ainda, a pequena redução conferida à massa seca, quando comparado com as outras variáveis referentes à raiz, pois as

pequenas raízes são as menos importantes na sua composição final, ao contrário do que acontece para o volume, superfície e comprimento.

TABELA 4.2 – Valores médios de comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base), massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de *Araucaria angustifolia*.

Tratamentos	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
Controle	1,65	-	1,08	2,95	-	0,645	466,97	155,60	4,160
14 dias de submersão	1,19	-	1,01	1,72	-	0,391	238,16	83,21	2,363
28 dias de submersão	1,33	-	1,03	2,25	-	0,428	310,90	108,63	2,978
56 dias de submersão	1,48	-	1,11	2,57	-	0,500	219,20	78,78	2,465

TABELA 4.3 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.

Contrastes/Variáveis	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
14,28 e 56 vs Controle	<0,0001	-	0,2176	<0,0001	-	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
14 e 28 vs 56 dias	<0,0001	-	0,0074	0,0010	-	0,0403	0,0445	0,0349	0,4211
14 vs 28 dias	0,0001	-	0,5030	0,0060	-	0,4571	0,0241	0,0087	0,0462

Nota: Graus de liberdade = 1

Apesar de parecer contraditório a presença de mecanismos morfológicos de adaptação ao alagamento e sinais de atrofiamento em uma mesma planta, deve-se ressaltar que nem sempre esses mecanismos são funcionais, pois podem ser apenas respostas metabólicas das plantas. Nesse sentido, JOLY (1994) cita que mudas de *Schyzolobium parahyba* (espécie considerada intolerante ao alagamento), após passarem um mês inundadas, desenvolveram lenticelas hipertrofiadas, mas sem que houvesse detectado difusão de oxigênio, ou seja, não foi possível observar maior aeração após o surgimento dessas estruturas. O autor conclui que as alterações morfo-anatômicas na base do caule, originadas pela desequilíbrio hormonal, não promoveram aeração ao sistema radicular.

Os únicos danos externos mais aparentes em *A. angustifolia* foram a decomposição das folhas mantidas abaixo da linha de água e um leve amarelecimento (clorose) das demais folhas para as plântulas inundadas por 56 dias.

O número de folhas e a massa seca do caule não foram contabilizados porque, no caso desta espécie, as folhas aderidas ao fuste dificultariam em muito sua contagem e separação. Ademais, o número de folhas é diretamente relacionado ao comprimento da muda.

- *Erythrina crista-galli* (corticeira-do-banhado)

A corticeira também foi avaliada na estação de pleno crescimento (primavera – entre outubro e dezembro), tanto assim, que as mudas sob inundação apresentaram as primeiras lenticelas hipertrofiadas após 5 dias do início do experimento. Com 7 dias, a casca de sua porção imersa rompeu-se, dando mostra a um tecido esponjoso, e com apenas 10 dias as raízes adventícias começaram a surgir. Foi ainda devido ao intumescimento e grande alteração morfológica (FIGURA 4.18), que não foi possível comparar o desenvolvimento diamétrico da base das mudas entre os tratamentos e o controle.

Além da rápida transformação morfológica, corroborando a sua condição de espécie adaptada à saturação hídrica, a maior parte dos parâmetros de crescimento avaliados não demonstrou diferenças significativas entre o conjunto de controle e o período mais longo de inundação (TABELA 4.4 e 4.5; FIGURAS 4.3 e 4.4). Tal comportamento é similar ao encontrado para *Talauma ovata* por LOBO e JOLY (1995), que observaram hipertrofia de lenticelas e raízes adventícias, sem que houvesse inibição significativa de crescimento. Os autores ainda destacaram que este comportamento demonstraria a capacidade de desenvolvimento da espécie em um solo hidricamente saturado e que isso representaria uma vantagem competitiva para as suas plântulas, motivo de sua ocorrência nas áreas alagáveis. Outras essências arbóreas que não se ressentiram significativamente com o alagamento em experimentos foram *Anadenanthera colubrina* (MARQUES *et al.*, 1996) e *Calophyllum brasiliense* (MARQUES e JOLY, 2000), esta última uma das espécies arbóreas mais importantes em áreas inundadas no litoral paranaense.

Ainda para a corticeira, todas as variáveis, à exceção do comprimento da planta, tiveram seus menores valores registrados para o período mais curto de observação (14 dias de alagamento), demonstrando maior influência do tempo de crescimento do que dos próprios tratamentos. Conforme se observa na TABELA 4.4, o comprimento médio das mudas aumentou cerca de 25% ao final do experimento,

sendo que seus valores médios absolutos foram de 54,9 cm para o conjunto testemunha e de 53,8 cm para o conjunto inundado por 56 dias.

TABELA 4.4 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base), massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de *Erythrina crista-galli*.

Tratamentos	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
Controle	1,257	1,518	-	4,133	2,398	3,323	3158	939,1	22,82
14 dias de submersão	1,087	1,050	-	2,371	1,143	0,855	1920	319,4	4,27
28 dias de submersão	1,072	1,284	-	3,791	2,059	1,610	2306	556,7	10,85
56 dias de submersão	1,244	1,407	-	3,583	2,263	2,548	3008	849,4	19,35

TABELA 4.5 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.

Contrastes/Variáveis	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
14,28 e 56 vs Controle	0,0055	0,0106	-	0,0244	0,0202	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
14 e 28 vs 56 dias	0,0008	0,0290	-	0,2068	0,0127	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001
14 vs 28 dias	0,7555	0,0608	-	0,0046	0,0038	0,0603	0,0386	0,0007	<0,0001

Nota: Graus de liberdade = 1

Outro detalhe interessante é a associação simbiótica de *E. crista-galli* com bactérias nitrificadoras, provavelmente do gênero *Rhizobium*, que continuaram em plena atividade, mesmo após 56 dias no ambiente aquoso.

- *Luehea divaricata* (açoita-cavalo)

Avaliadas no final do verão (de fevereiro a abril), ainda em condição de plena produção, as mudas sob inundação começaram a apresentar lenticelas hipertrofiadas com uma semana em água e com um mês, aproximadamente, surgiram raízes adventícias (FIGURA 4.19). Não obstante o desenvolvimento destas estruturas, que certamente influenciou no comprimento final das raízes, ainda assim a massa seca, superfície e sobretudo o volume de raízes foram expressivamente menores nas plântulas sob 56 dias de inundação do que nas demais (TABELA 4.6 e 4.7). Com 30 dias de hipoxia foi observada a decomposição de parte do sistema

radicular, sobretudo das raízes originais de maior calibre. Estas se tornaram escuras e passaram a ser substituídas por raízes mais claras, mais finas (< 0,5 mm) e mais superficiais, num processo que se acentuou aos 56 dias de tratamento (FIGURAS 4.5 e 4.6). KOZLOWSKI (1984) indica um processo de escurecimento das raízes bastante similar para as mudas de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, quando inundadas. *Piptadenia gonoacantha* também teve sinais de decomposição da raiz (FERREIRA *et al.*, 2001), assim como *Joannesia princeps* (MEDRI e CORREA, 1985), em decorrência, segundo sugestão destes últimos autores, da solubilização lipídica da membrana mitocondrial, exsudação de açúcares e ataque de patógenos.

TABELA 4.6 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de *Luehea divaricata*.

Tratamentos	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
Controle	1,129	1,160	1,331	14,053	8,53	4,93	2805,61	1089,13	33,86
14 dias de submersão	1,012	1,001	1,095	12,061	6,26	2,95	2910,88	1121,96	35,14
28 dias de submersão	1,015	0,998	1,120	13,099	7,44	2,44	2851,35	964,62	26,60
56 dias de submersão	1,033	1,060	1,170	15,23	9,20	2,52	2723,66	875,55	22,59

TABELA 4.7 – Valores de probabilidade em teste score para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.

Contrastes/Variáveis	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
14,28 e 56 vs Controle	0,0055	0,0106	<0,0001	0,0244	0,0202	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
14 e 28 vs 56 dias	0,0008	0,0290	0,0205	0,2068	0,0127	0,0007	<0,0001	<0,0001	<0,0001
14 vs 28 dias	0,7555	0,0608	0,7229	0,0046	0,0038	0,0603	0,0386	0,0007	<0,0001

Nota: Graus de liberdade = 1

Pode-se notar também que a porcentagem de crescimento das mudas não alagadas durante o período de tratamento foi de 13%, sendo de apenas 1 a 3% para as inundadas. O diâmetro teve um incremento de 33% quando sob umidade à capacidade de campo, enquanto depois de passar por 56 dias de imersão, ainda que tenha aumentado, teve este valor reduzido quase que pela metade (17%). Somente para massa seca aérea (total e do fuste) que as plantas alagadas pelo maior período

tiveram um incremento expressivamente maior do que os demais, provavelmente em função da formação de grande quantidade de tecidos novos.

Contudo, apesar destas evidências de menor desenvolvimento, não ficou caracterizado nenhum dano externo aparente nas mudas parcialmente submersas. Com 7 meses de idade as plântulas alcançaram 84 cm de altura para o conjunto de controle e 81,9 cm para 56 dias em água.

- *Matayba elaeagnoides* (miguel-pintado)

A espécie não apresentou a formação de raízes adventícias e nem de lenticelas hipertrofiadas durante o período do experimento. Observando as TABELAS 4.8 e 4.9, nota-se pequeno desenvolvimento de praticamente todos os parâmetros, decorrendo disso a não-diferenciação entre aqueles relacionados à massa seca. Inusitadamente, comprimento, superfície e volume de raiz apresentaram valores maiores para os tratamentos intermediários do que para os mais longos, inundado ou não. Mas, ao considerar que houve redução significativa após 14 dias de imersão, para 28 e 56 dias, pode-se estabelecer que o crescimento das raízes foi prejudicado (FIGURAS 4.7 e 4.8). Somente para o diâmetro da base e número de folhas é que a testemunha foi ligeiramente maior do que os demais. Isso demonstra que seu crescimento foi pouco significativo, mesmo quando em solo melhor drenado. Tal condição parece refletir uma estratégia de sobrevivência da espécie às adversidades do período juvenil, adequada aos ambientes alagados. Essa estratégia estaria enquadrada, segundo KOZLOWSKI (1997), num tipo de adaptação metabólica que seria o controle no gasto da energia. Assim, *M. elaeagnoides* pode permanecer em estado de dormência por várias semanas em um ambiente alagado sem perecer, sobretudo durante a época de inverno, tal como aconteceu durante o experimento (de maio a julho para a espécie). Tal possibilidade é bastante viável para a espécie, por ser típica de ambientes sombreados (INOUE e GALVÃO, 1986) e ter um desenvolvimento reconhecidamente vagaroso (CARVALHO, 1981; RACHWAL *et al.*, 2000; FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003). Possibilitaria também a sua condição de encontrar-se com frequência, como planta jovem, nos locais mais saturados hidricamente, conforme observado por BARDDAL *et al.* (2004a). O seu lento metabolismo também pode ser assinalado pela pouca altura das suas mudas ao final

do experimento (10,1 cm para a testemunha e 9,7 cm para as alagadas por 56 dias) e pela demora no desenvolvimento das lenticelas hipertrofiadas em seu caule, que ocorreram após três meses e meio, durante o período de verão, em algumas mudas que haviam sobrado do experimento oficial.

De interesse também é que aproximadamente 20% das mudas do tratamento de 56 dias morreram durante o período de inundação, sendo que as demais apresentaram necrose de parte das folhas. Tais injúrias, ou mesmo a inibição do crescimento nestas condições, são atribuídas à disfunções fisiológicas, que incluem alterações nos níveis de carboidratos, minerais e hormônios. O metabolismo anaeróbico ainda tem como produtos aldeídos, ácidos orgânicos e etanol, os quais se tornam tóxicos quando em concentrações acima do normal (KOZLOWSKI, 1997).

TABELA 4.8 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de *Matayba elaeagnoides*.

Tratamentos	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
Controle	1,0397	1,080	1,046	0,271	0,074	0,082	106,468	22,313	0,382
14 dias de submersão	1,000	1,000	1,027	0,203	0,052	0,065	225,756	37,321	0,514
28 dias de submersão	1,000	0,739	1,023	0,232	0,067	0,070	154,594	30,728	0,504
56 dias de submersão	1,040	0,754	1,013	0,246	0,063	0,057	117,040	22,165	0,339

TABELA 4.9 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.

Contrastes/Variáveis	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
14,28 e 56 vs Controle	<0,0001	0,0014	0,0318	0,1059	0,1117	0,0825	0,0093	0,0074	0,1658
14 e 28 vs 56 dias	1,0000	0,1215	0,3137	0,3072	0,6362	0,3381	0,0032	0,0004	0,0037
14 vs 28 dias	1,0000	0,0047	0,7794	0,3885	0,1499	0,6729	0,0106	0,0517	0,8615

Nota: Graus de liberdade = 1

- *Salix humboldtiana* (salseiro)

Metabolicamente muito ativas em água, mesmo durante o período de outono-inverno (abril a julho), quando foi feito o experimento, as mudas do salseiro com apenas 5 dias de alagamento iniciaram a hipertrofia das lenticelas e com 10 dias a formação de raízes adventícias (FIGURA 4.20).

Por não demonstrar sintomas negativos com o tempo de alagamento e apresentar uniformidade entre os tratamentos para a maioria dos parâmetros avaliados (TABELA 4.10 e 4.11), fica demonstrado que a espécie pouco sentiu a influência da inundação (FIGURAS 4.9 e 4.10). A exceção é o número de folhas, que teve redução significativa. Porém, isso se deve muito mais à decomposição das folhas que ficaram submersas na água estagnada durante os tratamentos de hidroperíodo mais prolongado, do que propriamente a uma resposta fisiológica. A homogeneidade representa também um crescimento efetivo lento, uma vez que os tratamentos intermediários foram muito parecidos com os mais longos, o que seria normal, para a época de dormência em que ocorreu o estudo. Ainda assim, o comprimento das mudas teve incremento de mais de 25% para os três mais longos períodos de crescimento, enquanto para o diâmetro da base, superou 11%.

Ao final do trabalho, as mudas tinham um comprimento médio de 78,6 cm para a testemunha e 80,1 cm para as inundadas por 56 dias.

Como é um dos gêneros normalmente encontrados em áreas de grande saturação hídrica por todo o mundo, várias informações podem ser feitas ao seu respeito. *Salix alba*, *S. atrocinerea*, *S. lasiandra*, *S. nigra* e *S. repens*, são exemplos de espécies que produzem raízes adventícias em resposta ao alagamento (HOOK, 1984). KOZLOWSKI (1984) cita que para *S. alba* as lenticelas não servem apenas para auxiliar na oxigenação de caules e raízes, mas também como pontos de liberação de compostos associados com a anaerobiose, como álcool etílico, etileno e acetildeído. Outro detalhe observado por PEREIRA e KOZLOWSKI (1977) para *S. nigra* é o surgimento e desenvolvimento de partes das raízes acima do nível do solo, na lâmina de água.

TABELA 4.10 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz),

comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de *Salix humboldtiana*.

Tratamentos	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
Controle	1,361	1,011	1,202	4,592	3,313	1,691	2669,280	976,475	28,768
14 dias de submersão	1,096	1,023	1,081	4,051	2,850	1,382	2546,510	850,095	22,810
28 dias de submersão	1,254	0,866	1,114	4,882	3,630	1,544	2505,450	860,375	23,698
56 dias de submersão	1,315	0,827	1,137	5,079	3,973	1,557	2441,960	897,192	27,060

TABELA 4.11 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.

Contrastes/Variáveis	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
14,28 e 56 vs Controle	<0,0001	0,0162	0,9440	0,7972	0,5187	0,2034	0,1206	0,0991	0,1700
14 e 28 vs 56 dias	<0,0001	0,0120	0,5551	0,0682	0,0156	0,5600	0,4621	0,5307	0,2430
14 vs 28 dias	<0,0001	0,0046	0,1409	0,0349	0,0243	0,3850	0,7543	0,8937	0,8103

Nota: Graus de liberdade = 1

- *Schinus terebinthifolius* (aroeira)

A aroeira suportou a inundação pelo tempo estabelecido mesmo durante o período primaveril e de plena produção, ainda que tenha demonstrado alguma dificuldade de desenvolvimento.

Analisando a sua reação, observa-se que o conjunto submetido à capacidade de campo sempre obteve a melhor resposta de crescimento e, na maioria dos casos, os tratamentos em água tiveram valores muito parecidos (TABELAS 4.12 e 4.13). Isto reflete uma estagnação em seu desenvolvimento a partir do momento em que o substrato é saturado hidricamente, com excess o das variáveis que envolvem a massa seca e o volume de raízes, paras as quais houve algum incremento aos 56 dias em água, quando se compara com os conjuntos de 14 e 28 dias. Contudo, o aumento do volume de raízes para o período mais longo de inundação pode ser explicado pelo acréscimo no número e no comprimento das raízes adventícias. Além das raízes adventícias, foi registrado grande número de

lenticelas hipertrofiadas em todo o terço inferior do fuste, conforme se nota na FIGURA (4.21).

TABELA 4.12 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de *Schinus terebinthifolius*.

Tratamentos	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
Controle	1,56	1,42	1,72	13,51	6,589	2,476	2907,15	942,95	24,415
14 dias de submersão	1,22	1,09	1,17	6,612	2,527	0,628	2036,76	516,09	10,478
28 dias de submersão	1,27	1,01	1,24	10,28	4,278	0,809	2116,64	580,81	12,735
56 dias de submersão	1,32	0,90	1,26	13,66	7,153	0,950	1997,89	585,89	11,960

TABELA 4.13 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.

Contrastes/Variáveis	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
14,28 e 56 vs Controle	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
14 e 28 vs 56 dias	0,2481	0,0052	0,3717	<0,0001	<0,0001	0,0625	0,4139	0,9327	0,6914
14 vs 28 dias	0,5189	0,1279	0,2716	0,0003	0,0016	0,1964	0,4724	0,0758	0,0376

Nota: Graus de liberdade = 1

Contudo, a avaria externa mais importante foi o tombamento das mudas alagadas, uma vez que o peso da sua porção aérea passou a ser muito grande para a sua raiz suportar, agravado por uma nítida redução do diâmetro da muda logo abaixo do colo, na transição para a raiz. Esse atrofiamento foi visível à continuação, nas raízes mais grossas, que têm, sobretudo, a função de fixação e que foram as que sofreram as maiores limitações de desenvolvimento. Apesar de haver um notório escurecimento das raízes mais finas, originalmente de tonalidades avermelhadas, denotando um processo de decomposição, estas formavam a maior parte de seu volume (FIGURAS 4.11 e 4.12). O grande número de lenticelas hipertrofiadas em sua base, além da provável formação de um lenho de tração, em reação à curvatura e ao tombamento das mudas, podem ter sido os responsáveis pelo aumento na massa

seca aérea registrada para aquelas que estavam submetidas ao mais longo período em água.

Ainda assim, a altura média das mudas submetidas aos 56 dias de alagamento não foi muito diferente daquelas sob capacidade de campo, sendo de 67,5 cm e 73,3 cm, respectivamente.

Ainda, apesar de todas as dificuldades enfrentadas pela espécie em meio hipóxico, ela não pode ser considerada intolerante ao alagamento, como a declararam ROGGE *et al.*(1998). Prova disso foi dada por esses mesmos autores, que não encontraram redução significativa da respiração e da liberação de CO₂ pelas raízes quando alagadas por 60 dias, utilizando como justificativa para esta aparente contradição a “grande variabilidade de respostas das espécies tropicais”.

- *Sebastiania commersoniana* (branquilha)

Para essa espécie o experimento também foi feito no período invernal (maio-julho), de dormência, que deve ter contribuído para a homogeneidade entre os tratamentos intermediários (14 e 28 dias) e para a igualdade da massa seca aérea entre tratamentos e testemunha. Nos demais parâmetros aéreos (TABELA 4.14 e 4.15) pode-se reparar que houve maior incremento nos conjuntos de mais longa duração, na ordem de 18% e 10% para o comprimento e diâmetro da base, respectivamente.

TABELA 4.14 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de *Sebastiania commersoniana*.

Tratamentos	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
Controle	1,181	0,762	1,090	0,884	0,577	0,363	611,898	106,851	1,507
14 dias de submersão	1,002	1,000	1,000	0,783	0,443	0,191	530,598	87,928	1,172
28 dias de submersão	1,044	0,839	1,038	0,747	0,455	0,215	480,965	81,823	1,113
56 dias de submersão	1,175	1,019	1,106	1,023	0,613	0,230	472,327	75,758	0,975

TABELA 4.15 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.

Contrastes/Variáveis	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
14,28 e 56 vs Controle	0,0041	0,0174	0,0486	0,8108	0,3211	0,0001	0,0208	0,0061	0,0061
14 e 28 vs 56 dias	0,0003	0,2153	0,0006	0,0945	0,0444	0,4425	0,5074	0,3046	0,2631
14 vs 28 dias	0,2903	0,0879	0,1433	0,8349	0,8958	0,5523	0,3961	0,5481	0,7320

Nota: Graus de liberdade = 1

A exceção foi o número de folhas, que teve redução significativa para o conjunto sob umidade à capacidade de campo. Contudo, a queda das folhas deve estar mais relacionada à caducifolia da espécie no inverno, amenizada para as espécies sob influência da saturação hídrica. Não obstante a época, para os parâmetros da raiz houve nítida redução de crescimento (TABELA 4.14 e FIGURAS 4.13 e 4.14), acordando com o que foi assinalado por KOZLOWSKI (1984), de que o efeito mais drástico da inundação ocorre na redução do incremento radicular, mesmo com a formação de raízes adventícias. Essas estruturas, aliás, que em *S. commersoniana* surgiram com cerca de 28 dias em água e foram formadas somente na porção subterrânea do caule, muito mais debilmente que em *E. crista-galli*, *L. divaricata*, *S. humboldtiana* e *S. terebinthifolius*. Também foi aproximadamente neste tempo que a hipertrofia de lenticelas iniciou, porém muito timidamente. As lenticelas só se tornaram realmente evidentes após 50 dias em água (FIGURA 4.22). O surgimento destas estruturas corrobora o estudo de KOLB *et al.* (1998) que, naquela oportunidade, haviam-nas registrado para plantas com 2 meses de inundação simulada. JOLY (1994) certamente não observou essas mesmas alterações em seu estudo por ter avaliado a espécie por apenas um mês de inundação e não por haver diferenças entre populações dos estados de São Paulo (JOLY *op. cit.*) e Paraná (KOLB, *op. cit.*), como afirmam ROGGE *et al.* (1998). KOLB (*op. cit.*) perceberam também que o branquilha não se desenvolveu expressivamente durante o período de alagamento, mas que, por outro lado, os espaços intercelulares nas raízes principais e secundárias tiveram aumento acentuado. Notaram ainda que os diâmetros de células do parênquima cortical das raízes secundárias foram maiores para as plantas sob tratamento. ROGGE *et al.* (*op. cit.*) registraram a recuperação da respiração aeróbica de *S. commersoniana* após 60 dias de inundação e atribuíram tal fato ao surgimento de lenticelas hipertrofiadas e raízes adventícias. Sugerem ainda que a

queda no consumo de oxigênio anteriormente a este período seria o responsável pelo mal desenvolvimento das plantas (como no presente trabalho).

JOLY e CRAWFORD (1982) propõem uma estratégia metabólica de tolerância ao alagamento para essa espécie, com uma significativa aceleração de vias fermentativas de produção de ATP (energia), com aumento na atividade da enzima álcool desidrogenase (ADH) e no nível de etanol. Desta maneira, conforme sugestão de KOLB *et al.* (*op. cit.*), pode-se considerar que “a espécie apresenta interação entre estratégias morfoanatômicas e metabólicas, que permitiria a sua sobrevivência durante a inundação”.

Após o experimento, o comprimento médio alcançado para as mudas foi de 39,4 cm para a testemunha e 42,8 cm para 56 dias em água. É necessário apontar que algumas mudas grandes de branquilha (com pouco mais de 45 cm de altura), tombavam nos vasos encharcados onde o substrato encontrava-se fluidal, certamente devido ao pequeno volume de raízes formado (0,975 cm³ para 56 dias), se comparado com as outras espécies (*E. crista-galli* – 19,35 cm³; *L. divaricata* – 22,59 cm³ e *S. humboldtiana* - 25,40 cm³) (ver FIGURAS 4.1 a 4.16).

- *Vitex megapotamica* (tarumã)

Conforme pode ser reparado nas TABELAS 4.16 e 4.17, o alagamento durante o período primaveril (outubro a dezembro) limitou expressivamente praticamente todos os parâmetros de desenvolvimento do tarumã, que sempre cresceu muito mais no conjunto de controle. Exceção feita à massa seca aérea, que ainda assim demonstrou tendência de menor incremento para os tratamentos saturados hidricamente.

Nota-se redução muito expressiva nas variáveis que envolvem a raiz, comumente reduzidas em mais de 50% dos seus valores. Isso decorre também porque a espécie, apesar de produzir raízes adventícias, não as forma em grande quantidade para compensar a perda das raízes originais que, se antes eram claras, durante o alagamento tornaram-se escurecidas, decompondo-se fortemente (FIGURAS 4.15 e 4.16). Novas raízes subterrâneas também foram formadas e tornaram-se mais suculentas e claras, podendo serem consideradas espessas (> 0,5 mm), se comparadas às de *L. divaricata*. Apesar do desenvolvimento de raízes

adventícias e de tecido esponjoso que chega a romper o ritidoma da base das plântulas (FIGURA 4.23), após 6 semanas de imersão na água, foi observado também a ocorrência de necrose e perda de folhas em várias mudas no tratamento mais longo de inundação. Mas há de se destacar que esses danos ocorriam com mais freqüência nas mudas em que as estruturas de novas raízes e tecidos eram menos desenvolvidas. Fissuras caulinares e exposição de tecidos esponjosos também foram observados por DAVANSO *et al.* (2002) para *Tabebuia avellanadae*, que ainda formou lenticelas hipertrofiadas e raízes superficiais. Apesar de tais adaptações, o crescimento foi limitado e a espécie foi enquadrada pelos autores como relativamente tolerante.

TABELA 4.16 – Valores médios do comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz) de *Vitex megapotamica*.

Tratamentos	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
Controle	1,179	1,698	1,473	3,266	1,563	1,004	2803,510	630,423	11,400
14 dias de submersão	1,000	1,000	1,000	1,767	0,461	0,327	1689,570	255,432	3,087
28 dias de submersão	1,027	1,025	1,221	3,092	1,048	0,415	1915,530	366,592	5,646
56 dias de submersão	1,005	1,099	1,296	2,513	0,978	0,392	1451,200	305,983	5,275

TABELA 4.17 – Valores de probabilidade em teste escore para os contrastes entre o conjunto controle e tratamentos para as variáveis mensuradas no experimento.

Contrastes/Variáveis	com. (cm)	n.fol	d.base (cm)	m.aérea (g)	m.caule (g)	m.raiz (g)	com. raiz (cm)	sup. raiz (cm ²)	vol.raiz (cm ³)
14,28 e 56 vs Controle	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0803	0,0011	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
14 e 28 vs 56 dias	0,7515	0,2469	<0,0001	0,8598	0,2875	0,8482	0,0029	0,8334	0,0750
14 vs 28 dias	0,3708	0,7649	<0,0001	0,0229	0,0219	0,5046	0,0740	0,0006	0,0002

Nota: Graus de liberdade = 1

O comprimento médio das mudas de tarumã ao final do experimento foi de 33,3 cm para a testemunha e de 31,7 cm para as inundadas por 56 dias.

Com base nos dados citados anteriormente, resumidos na TABELA 4.18, pode-se dividir as espécies estudadas em três grupos. O primeiro deles, é formado

por *E. crista-galli* e *S. humboldtiana*, que praticamente não tiveram redução de crescimento.

TABELA 4.18 – Comparação dos parâmetros de desenvolvimento das plantas, comprimento total (com.), número de folhas (n. fol.), diâmetro da base (d. base) , massa seca aérea (m. aérea), massa seca do caule (m. caule) e massa seca da raiz (m. raiz), além do volume (vol. raiz), comprimento (com. raiz) e superfície ocupada pela raiz (sup. raiz), entre o controle e o tratamento de 56 dias em água. Os símbolos indicam que houve redução (↓), aumento (↑) ou que não houve variação (=).

Espécies	com.	n. fol	d. base	m. aérea	m. caule	m. raiz	com. raiz	sup. raiz	vol. raiz
<i>A. angustifolia</i>	↓	-	=*	↓	-	↓	↓	↓	↓
<i>E. crista-galli</i>	=	=	-	↓	=	=	=	=	=
<i>L. divaricata</i>	↓	↓	↓	=	=	↓	↓	↓	↓
<i>M. elaeagnoides</i>	↓	↓	↓	=	=	=	=	=	=
<i>S. humboldtiana</i>	=	↓**	=	=	=	=	=	=	=
<i>S. terebinthifolius</i>	↓	↓	↓	=	=	↓	↓	↓	↓
<i>S. commersoniana</i>	=	↑	=	=	=	↓	↓	↓	↓
<i>V. megapotamica</i>	↓	↓	↓	=	↓	↓	↓	↓	↓

* influenciado pela hipertrofia lenticelar; ** redução devida à decomposição de folhas submersas.

Na seqüência, observa-se um segundo grupo, composto por *Matayba elaeagnoides* e *S. commersoniana*, em que menos da metade dos parâmetros foram reduzidos. *S. commersoniana* teve os descritores relacionados à raiz todos prejudicados, uma vez que as poucas raízes adventícias que desenvolveu não foram suficientes para compensar as perdas acumuladas. *M. elaeagnoides*, por sua vez, é um caso especial, pois, ainda que tenha sido observada redução apenas no comprimento, número de folhas e diâmetro da base, houve inibição do crescimento de raízes quanto maior o período de saturação hídrica. Além disso, ela pouco se desenvolveu em todos os parâmetros avaliados, não formou nenhuma estrutura morfológica adaptativa e foi a única que apresentou casos de morte durante os tratamentos. O terceiro e último grupo é constituído pelas espécies que tiveram o desenvolvimento prejudicado na maior parte dos parâmetros avaliados, onde se enquadraram *A. angustifolia*, *L. divaricata*, *S. terebinthifolius* e *V. megapotamica*. Todas apresentaram redução nos valores relacionados ao sistema radicular e, ainda, demonstraram menor desenvolvimento em alguns parâmetros aéreos. Dentre elas, *V. megapotamica* foi a que teve a mais aparente decomposição das raízes, enquanto *S. terebinthifolius* teve um atrofiamento muito forte do colo e raízes principais, que

ocasionou, inclusive, o tombamento das plantas. Porém, deve-se ressaltar que todas as espécies que formaram este último agrupamento foram testadas durante o período de primavera-verão. Neste período o pleno desenvolvimento das plantas sob umidade à capacidade de campo, tornou muito mais evidente a dificuldade de crescimento das outras, sob inundação.

Por outro lado, nenhuma das espécies cresceu mais no ambiente alagado do que em umidade à capacidade de campo, como o fez *Sesbania virgata* (DAVANSO-FABRO, 1998⁵, *apud* MEDRI *et al.*, 2002), e, dessa maneira, não demonstraram preferência pelo ambiente alagado, exatamente como *Talauma ovata* (LOBO e JOLY, 1995).

Como ao terminar os tratamentos, durante a reaeração, todas as espécies sobreviveram, pode-se dizer que não sofreram danos muito sérios nesta fase, que, segundo MEDRI *et al.* (2002), podem levar à morte das plantas. Injúrias e morte estão relacionadas também à conseqüente superficialidade radicular de muitas espécies em campo, que podem não conseguir prover adequadamente às demandas por transpiração após a regressão das águas (KOZLOWSKI, 1997), elementos que devem ser estudados para as espécies em questão.

Além disso, mesmo que muitas espécies sejam tolerantes ao alagamento, estão sujeitas a serem danificadas, soterradas ou arrancadas, dependendo da quantidade de sedimentos em suspensão e da velocidade do fluxo da água (SCHNITZLER, 1997). Quanto a isso, observou-se que a grande maioria das mudas de *Schinus terebinthifolius* e as de maior porte de *S. commersoniana* tombaram quando o substrato inundado passou a ter consistência fluidal. Pode-se concluir, daí, que se a água tivesse correnteza, as plantas poderiam ter sido arrancadas ou danificadas fortemente. *M. elaeagnoides* e *A. angustifolia* não chegaram a tombar devido à pequena altura de suas plântulas e o pouco peso por elas representado, mas, pelo que foi observado, também poderiam tombar ou mesmo serem arrancadas se em água corrente. Observando a Tabela 4.19, a seguir, pode-se inferir das razões porque isto acontece. Em primeiro lugar nota-se a redução de praticamente todas as variáveis de todas as espécies, quando no ambiente alagado. Para *S. terebinthifolius* fica claro que, apesar de ter um volume de raízes considerável (11,96 cm³), a razão

⁵ DAVANSO-FABRO, V.M. **Tolerância à inundação: aspectos morfo-anatômicos e fisiológicos do desenvolvimento de *Tabebuia avellanedae* Lorentz ex Grisebach (Bignoniaceae)**. Dissertação (Mestrado), UEM, PR, 1998.

entre a porção aérea e radicular é muito pequena (0,07), determinando a queda das plantas. Isso só é mais acentuado pelo já citado atrofiamento do colo da planta e das raízes principais. O motivo que leva algumas plantas de *S. commersoniana* ao tombamento, parece ser a combinação de dois fatores, o pequeno volume de raízes (0,975 cm³), aliado a uma baixa proporção entre as massas aérea e radicular (0,225). Por essa mesma razão, *A. angustifolia* (2,465 cm³ e 0,195) e *M. elaeagnoides* (0,338 cm³ e 0,232) teriam grande probabilidade de tombamento, agravado para a última delas, que possui o menor volume médio de raízes de todas as espécies, tanto no conjunto de controle quanto no de 56 dias de submersão.

TABELA 4.19 – Relação entre o volume ocupado pela raiz (vol. raiz), a massa seca da raiz (m.raiz), a massa seca aérea e a razão entre massa seca aérea e massa seca da raiz.

Espécies	Controle				56 dias			
	vol.raiz	m. raiz	m. aérea	m.raiz/m.aérea	vol.raiz	m. raiz	m. aérea	m.raiz/m.aérea
<i>A. angustifolia</i>	4,160	0,645	2,950	0,219	<u>2,465</u>	0,500	2,570	<u>0,195</u>
<i>E. crista-galli</i>	22,820	3,323	4,133	0,804	19,350	2,548	3,583	0,711
<i>L. divaricata</i>	33,860	4,932	14,050	0,351	22,590	2,519	15,230	0,165
<i>M. elaeagnoides</i>	0,483	0,082	0,271	0,303	<u>0,338</u>	0,057	0,246	<u>0,232</u>
<i>S. humboldtiana</i>	28,770	1,691	4,592	0,368	25,400	1,557	5,079	0,307
<i>S. terebinthifolius</i>	24,415	2,476	13,510	0,183	11,960	0,950	13,660	<u>0,070</u>
<i>S. commersoniana</i>	1,507	0,363	0,884	0,411	<u>0,975</u>	0,230	1,023	<u>0,225</u>
<i>V. megapotamica</i>	11,400	1,004	3,266	0,307	5,280	0,392	2,513	0,156

Nota: as espécies sublinhadas são as que teriam maior probabilidade de tombamento



FIGURA 4.1 – Aspecto geral das raízes de *Araucaria angustifolia* em umidade sob capacidade de campo. (As marcações são de 1cm²)

FIGURA 4.2 – Aspecto geral das raízes de *Araucaria angustifolia* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.3 – Aspecto geral das raízes de *Erythrina crista-galli* em umidade sob capacidade de campo.



FIGURA 4.4 – Aspecto geral das raízes de *Erythrina crista-galli* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.5 – Aspecto geral das raízes de *Luehea divaricata* em umidade sob capacidade de campo.



FIGURA 4.6 – Aspecto geral das raízes de *Luehea divaricata* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.7 – Aspecto geral das raízes de *Matayba elaeagnoides* em umidade sob capacidade de campo.

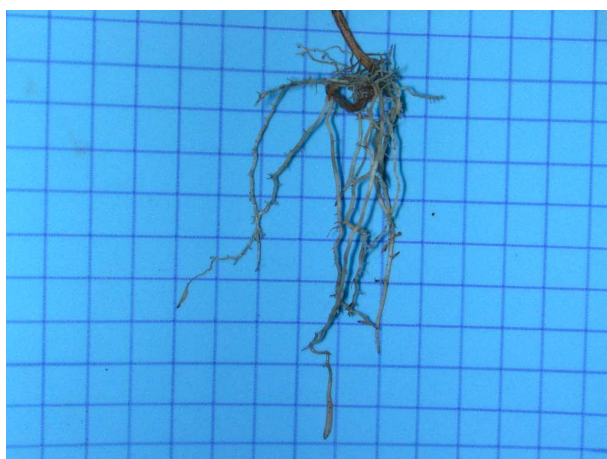


FIGURA 4.8 – Aspecto geral das raízes de *Matayba elaeagnoides* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.9 – Aspecto geral das raízes de *Salix humboldtiana* em umidade sob capacidade de campo.



FIGURA 4.10 – Aspecto geral das raízes de *Salix humboldtiana* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.11 – Aspecto geral das raízes de *Schinus terebinthifolius* em umidade sob capacidade de campo.



FIGURA 4.12 – Aspecto geral das raízes de *Schinus terebinthifolius* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.13 – Aspecto geral das raízes de *Sebastiania commersoniana* em umidade sob capacidade de campo.

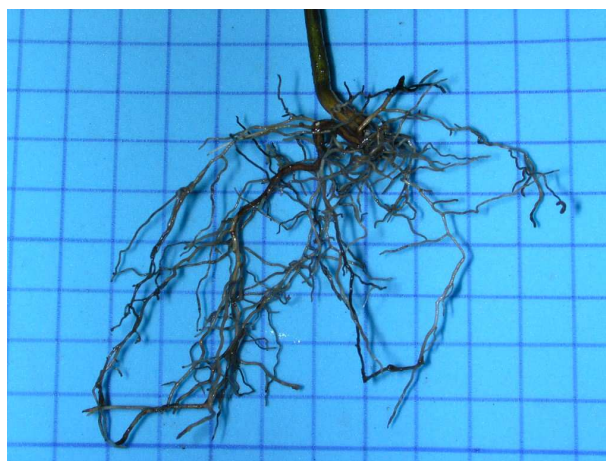


FIGURA 4.14 – Aspecto geral das raízes de *Sebastiania commersoniana* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.15 – Aspecto geral das raízes de *Vitex megapotamica* em umidade sob capacidade de campo.



FIGURA 4.16 – Aspecto geral das raízes de *Vitex megapotamica* após 56 dias de alagamento.

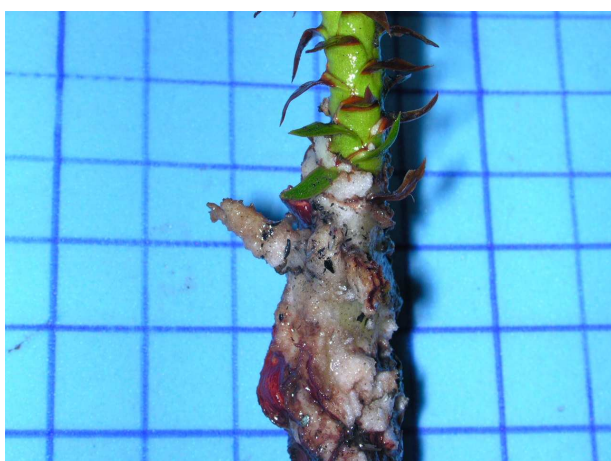


FIGURA 4.17 – Aspecto geral do início da formação de raízes adventícias e das lenticelas hipertrofiadas de *Araucaria angustifolia* após 56 dias de alagamento.

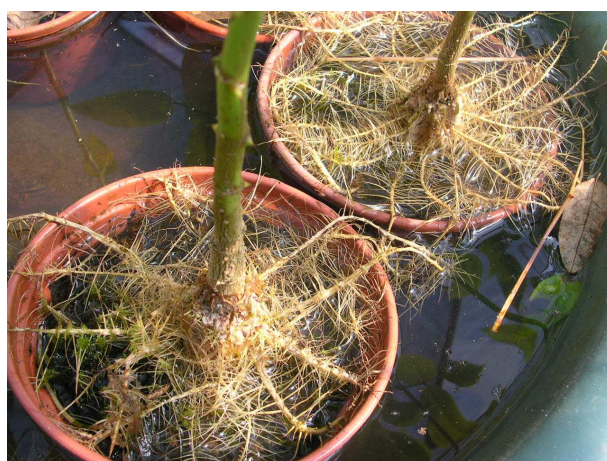


FIGURA 4.18 – Aspecto geral das raízes adventícias e da abertura do ritidoma de *Erythrina crista-galli* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.19 – Aspecto geral das raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas de *Luehea divaricata* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.20 – Aspecto geral das raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas de *Salix humboldtiana* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.21 – Aspecto geral das raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas de *Sebastiania commersoniana* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.22 – Aspecto geral das raízes adventícias e lenticelas hipertrofiadas de *Schinus terebinthifolius* após 56 dias de alagamento.



FIGURA 4.23 – Aspecto geral das raízes adventícias e da abertura do ritidoma de *Vitex megapotamica* após 56 dias de alagamento.

5 CARACTERIZAÇÃO DA SATURAÇÃO HÍDRICA EM CAMPO

O regime hídrico é reconhecidamente o maior determinante no desenvolvimento e no padrão de distribuição de comunidades vegetais em áreas alagáveis (CASANOVA e BROCK, 2000; TOWNSEND, 2001). Dessa maneira, quantificá-lo, procurando-se definir a extensão espacial, duração e período de inundação, é essencial para o entendimento dos padrões de vegetação, segundo as variações topográficas da paisagem em ecossistemas de planícies (TOWNSEND, *op. cit.*). Porém, a medição de tais variáveis é bastante complexa, já que a diversidade ambiental da vegetação ribeirinha e o mosaico vegetal dessas áreas se devem a uma intrincada conjunção hidro-geomorfológica (GURNELL, 1997). Ainda assim, dentre as características inerentes aos episódios de inundação, a duração de eventos individualizados demonstrou ser o fator determinante na delimitação de comunidades de plantas sujeitas à saturação hídrica (CASANOVA e BROCK, *op. cit.*). Esse fator pode, inclusive, ser considerado de grande valor preditivo na composição de comunidades vegetais constantemente alagáveis (VAN der VALK, 1981).

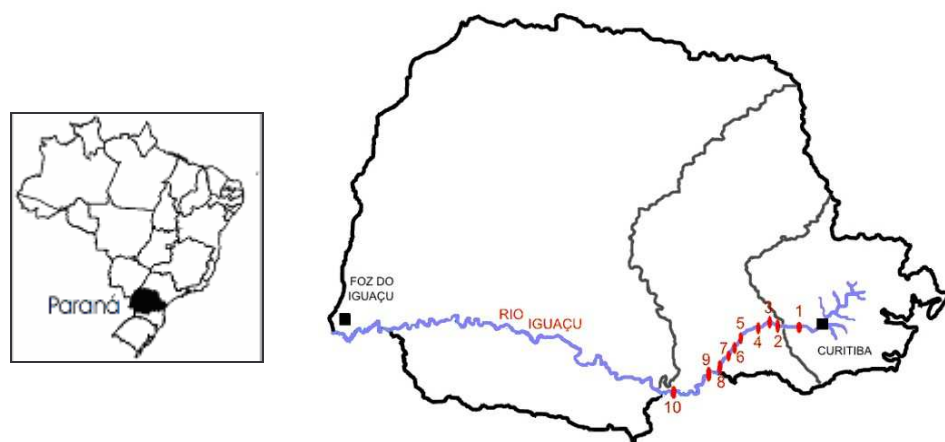
Baseado nesta linha de raciocínio, e buscando complementar as informações geradas pelos experimentos em laboratório, resolveu-se analisar a distribuição das espécies estudadas em campo, relacionando-a com a saturação hídrica do solo. Para tanto, instalaram-se poços de controle do lençol freático em áreas de fitossociologia e pedotipia conhecidas, trabalhadas por CURCIO (2006) na planície sazonalmente inundável do rio Iguaçu, região de natural ocorrência das espécies estudadas.

5.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A prioridade na escolha das áreas a serem avaliadas, foi a de selecionar uma curva de agradação (parte interna da curva) e uma curva de degradação (parte externa da curva) em cada Formação Geológica cruzada pelo rio Iguaçu. Visou-se, desta maneira, contemplar a maior variação hidrológica, geomorfológica e pedológica possível, relacionando-os, quando possível, aos padrões de distribuição e crescimento apresentados pelas espécies. Estando restrito à área de distribuição da

Floresta Ombrófila Mista (denominação de IBGE, 1992), o trajeto estudado partiu de Araucária – PR, região metropolitana de Curitiba, no alto Iguaçu, terminando nas cidades de União da Vitória – PR e Porto União – SC, no médio Iguaçu (FIGURA 5.1). Apesar da citada tipologia florestal ocorrer ainda pouco mais a jusante desse ponto, a construção das várias barragens existentes a partir daí, inundaram as margens do rio, descaracterizando a paisagem e a distribuição original das espécies estudadas.

FIGURA 5.1 Localização do rio Iguaçu e distribuição dos pontos de amostragem.



5.1.1 GEOLOGIA

Este estudo abrange o Primeiro e Segundo Planaltos paranaenses (MAACK, 2002), sendo as respectivas Unidades Geológicas citadas a seguir, seguindo a denominação de MINEROPAR (2001), bem como, o município/estado onde ocorrem.

- 1) Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro, no município de Araucaria – PR;
- 2) Grupo Itararé I (montante), Formação Campo do Tenente, no município de Balsa Nova – PR;
- 3) Grupo Paraná, Formação Furnas, no município de Porto Amazonas – PR;
- 4) Grupo Itararé II (jusante), Formação Rio do Sul/Mafra (indivisas), no município de Porto Amazonas – PR;
- 5) Grupo Guatá, Formação Rio Bonito, no município de Antonio Olinto – PR;
- 6) Grupo Guatá, Formação Palermo, no município de São Mateus do Sul – PR;

- 7) Grupo Passa Dois, Formação Irati, no município de São Mateus do Sul – PR;
- 8) Grupo Passa Dois, Formação Serra Alta, no município de São Mateus do Sul – PR;
- 9) Grupo Passa Dois, Formação Terezina, no município de Canoinhas – SC;
- 10) Grupo Passa Dois, Formação Rio do Rasto, no município de Paula Freitas – PR e Porto União – SC.

No trabalho de CURCIO (2006) é possível aprofundar mais as relações das formações geológicas com as feições geomórficas e solos do trecho estudado.

5.1.2 HIDROGRAFIA

A rede de drenagem da região de estudo é representada pelo rio Iguaçu, coletor-mestre, que tem sentido L-O e nasce nas encostas da vertente oeste da Serra do Mar, logo alcançando o primeiro planalto paranaense. Como um rio geologicamente antigo, cruza as duas escarpas, Devoniana e Triássico-Jurássica, ao passar para o Segundo e Terceiro Planaltos, respectivamente, através de vales de rupturas (boqueirões), desaguando no rio Paraná. Juntando-se a todos os seus contribuintes, formam a maior bacia hidrográfica do Estado, com aproximadamente 57329 km², que somados aos afluentes que vêm de Santa Catarina, resultam em 70.800 km² (MAACK, 2002).

A despeito de todo o trajeto do rio Iguaçu ser determinado por grandes delineamentos do embasamento rochoso, CURCIO (2006) demonstrou que a sua planície adquire formas e extensões variáveis, segundo as regiões geológicas por ele cortadas. Na descrição feita por esse autor, dentre as regiões em apreço neste trabalho, as Formações Campo do Tenente e Furnas seriam as que mais fortemente exercem controle na conformação do seu vale e leito, devido aos seus lineamentos estruturais (falhas e diáclases). Isso é denotado pelo maior gradiente altimétrico e encaixamento do rio, que configura um padrão de canal com formas retilíneas, além do estreitamento da planície e alçamento das feições topográficas. Nas demais regiões, o padrão estrutural é mais ou menos mascarado por um padrão escultural do leito do rio, proporcionado por uma perda de declividade e maior deposição de sedimentos. Resultado disso é uma pronunciada sinuosidade dos padrões de canal, que chegam a ser meandranes, com maior migração do rio e produção de grandes

extensões de planície e com tendência ao aplainamento das feições geomórficas da mesma. O autor ressalta, também, que o aumento do volume do rio, conforme recebe os seus contribuintes, também tem forte influência na conformação geomorfológica de suas margens.

Características hidrológicas importantes do rio Iguaçu são apontadas por FRANÇA (1993) em aprofundado estudo. O autor analisou as médias mensais das vazões do rio Iguaçu em União da Vitória – PR, entre os anos de 1960 e 1989, indicando o inverno como o período em que mais ocorreram inundações de grande porte, porém não muito à frente das demais estações, que se equivalem. Demonstrou também que o regime do rio Iguaçu tem características de tropicalidade, com dois máximos, coincidentes com a freqüência das grandes inundações. O primeiro e mais importante pico ocorre por volta do mês de outubro; outro, em ordem decrescente, seria aproximadamente em junho. Ainda aponta uma terceira e menos interessante estação de cheias entre os meses de janeiro, fevereiro e março. Além do mais, o autor afirma, com base em suas análises, que as enchentes periódicas da região do Iguaçu ocorrem em consequência direta das variações dos valores pluviométricos.

5.1.3 CLIMA

A região é caracterizada por um clima mesotérmico superúmido sem estação seca. O inverno é acentuado, com, pelo menos, um mês de temperatura média inferior a 15 °C e com média anual de 10 a 15 geadas por ano. O verão é quente, com a média do mês mais quente superior a 22 °C (NIMER, 1990). Tal classificação equivaleria na divisão climática de Koeppen ao tipo Cfb – Subtropical Úmido Mesotérmico, de verões frescos, geadas freqüentes, sem estação seca definida. Este clima temperado possui relativa uniformidade do regime da precipitação, não somente pela regularidade dos índices totais anuais de chuva, mas principalmente na forma pela qual a chuva se distribui ao longo do ano. Por isso, é quase impossível prever a época ou trimestre do ano em que as máximas ou mínimas concentrações de chuvas vão ocorrer. Ainda assim, ao analisar o comportamento de três meses consecutivos, pode-se afirmar que existe uma tendência de que o máximo pluviométrico para a região do alto e médio Iguaçu ocorra no verão (dezembro, janeiro e fevereiro). O mínimo pluviométrico ocorre

normalmente em fins de outono ou no inverno, sendo os meses menos chuvosos os de abril e julho e mais agosto ou maio (NIMER, *op. cit.*).

5.1.4 VEGETAÇÃO

O inverno rigoroso da região, marcado por geadas freqüentes, é o principal determinante no desenvolvimento das tipologias vegetais da região estudada do rio Iguaçu.

Onde as condições locais eram favoráveis, desenvolvia-se a formação florestal denominada por IBGE (1992) de Floresta Ombrófila Mista, cuja notável fisionomia da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, com seu aspecto morfológico primitivo e atraente, era predominante (RODERJAN, GALVÃO e KUNIYOSHI, 1993). Conforme a situação topográfica e condição de drenagem do solo, as florestas poderiam ser divididas em duas subformações. Uma drenagem suficiente para manter uma boa oxigenação ao solo proporcionava o desenvolvimento dos pinheirais mais típicos, com árvores de grande porte, com mais de 25 metros de altura e 2 metros de diâmetro, em que a araucária ocorria associada a grande número de espécies, sendo as principais *Ocotea porosa* (Nees e Mart.) Barroso (imbuia), *Nectandra megapotamica* Spreng.(Mez) (canela-imbuia), *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Eichler (pinho-bravo), *Piptocarpha angustifolia* Dusén ex Malme (vassourão-branco), *Ilex paraguariensis* A. St.-Hil. (erva-mate), *Cedrela fissilis* Vell. (cedro) e *Drimys brasiliensis* Miers (cataia), entre outras. Por outro lado, quando as condições pedo-geomorfológicas causavam uma drenagem moderada, essa floresta era constituída principalmente por *Sebastiania commersoniana* (Baillon) L.B. Smith & R.J. Downs (branquilha), que formava o estrato arbóreo contínuo e também por espécies emergentes como a própria *A. angustifolia*, *Luehea divaricata* Mart. (açoita-cavalo) e *Blepharocalyx longipes* O. Berg (murta) (VELOSO *et al.*, 2001). KLEIN e HATSCHBACH (1962), ao descreverem a floresta aluvial do rio Iguaçu, observaram uma dominância aproximada de 60-80% para o branquilha, a presença sempre marcante de agrupamentos irregulares de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (jerivá), além da freqüência de *Luehea divaricata* (açoita-cavalo) e da abundância de *Erythrina crista-galli* L. (corticeira-do-banhado) nas áreas mais brejosas. Entre as espécies de árvores e arbustos mais representativos do sub-bosque desta comunidade, os autores ainda salientam *Sebastiania brasiliensis* Spreng. (leiteiro-da-

várzea), *Guettarda uruguensis* Cham. & Schltl. (veludinho), *Myrceugenia regnelliana* (O. Berg) D. Legrand & Kausel (cambuí-do-brejo), *Vitex megapotamica* (Spreng.) Moldenke (tarumã), *Duranta vestita* Cham. (grão-de-galo), *Daphnopsis racemosa* Griseb. (embira-branca) e *Symplocos laxiflora* Benth. (maria-mole), que imprimiam uma fisionomia aparentemente simplificada à vegetação.

Já nas áreas em que os solos permanecem saturados por período significativo, medravam as Formações Pioneiras de Influência Fluvial (IBGE, *op. cit.*). Essas podem ter cobertura campestre (várzeas), quando mal ou muito mal drenadas, ou arbórea, se imperfeitamente drenadas, formada sobretudo por *S. commersoniana*, *E. crista-galli* e *Salix humboldtiana* (salseiro).

Nas regiões altas dos planaltos, em condições de grande perda de água, poderiam ser encontradas, ainda, as formações estépicas, os chamados campos-secos.

5.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

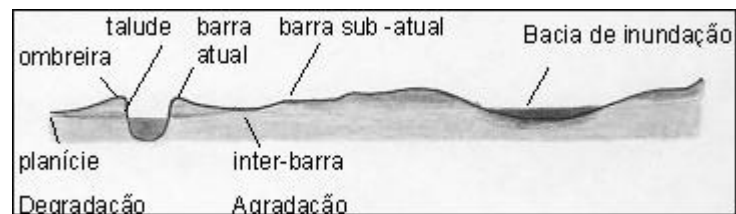
Em cada uma das curvas avaliadas foram feitos transectos perpendiculares ao rio com 20 m de comprimento (não necessariamente contínuos) e 30 m de largura (FIGURA 5.2), subdivididos em parcelas de 50 m², onde se buscava caracterizar a presença/ausência destas oito espécies, desde que tivessem um perímetro à altura do peito superior a 15 cm. Quando encontradas, foram avaliadas quanto ao seu diâmetro e estimava-se, com a ajuda de uma régua graduada, a sua altura total. Do estudo fitossociológico de CURCIO (2006), efetuado nas mesmas áreas, resgatou-se o valor de importância obtido pelas espécies para a condição observada.

As parcelas foram dispostas de maneira a respeitar as feições geomórficas na planície, como barra de agradação, inter-barra, barra subatual, paleo-barra, ombreira e planície, conforme pode ser visto na FIGURA 5.3. Tais feições indicam porções alçadas ou rebaixadas e apresentam diferenças no tipo de solo que as formam e na própria drenagem local. Ao considerar todos esses condicionantes, homogeneizou-se geo-pedo-hidricamente os agrupamentos de parcelas, no centro dos quais instalaram-se poços para avaliar a variação do lençol freático.

FIGURA 5.2 - Exemplo da localização das parcelas nas curvas de agradação e degradação do Rio Iguaçu (CURCIO, 2006).



FIGURA 5.3 - Perfil esquemático da superfície do rio Iguaçu, com as respectivas feições geomórficas, típicas das superfícies de agradação e degradação estudadas (CURCIO,2006).



Cada poço, feito com o auxílio de um trado tipo cavadeira, foi revestido por um tubo de PVC de 75 mm de diâmetro, com 1,00 m de profundidade para as feições rebaixadas da planície e 1,50 m para as feições mais alçadas, perfurado a cada 10 cm em sentidos opostos para permitir a entrada da água. Sua extremidade superior foi fechada com uma tampa para evitar a entrada de resíduos ou de água durante as cheias. A verificação da profundidade da água subterrânea foi feita diretamente através de uma régua graduada, medindo-se desde a superfície do solo até a lâmina d' água. Esse procedimento foi realizado no período de setembro de 2004 a agosto de 2005, em intervalos de aproximadamente quinze dias. Os poços estão representados ao longo do estudo de acordo com a superfície em que estão inseridos, por AG para agradação e DG para degradação, seguidos por um número, em ordem crescente da beirada do rio para o interior da planície.

Com o objetivo de estabelecer uma relação com os anos anteriores, foram também obtidas as leituras fluviométricas diárias dos últimos 13 anos (agosto de 1992 a agosto de 2005) dos Postos Hidrométricos localizados próximos às áreas de estudo e utilizados para o monitoramento hidrológico do rio Iguaçu pela COPEL (Companhia Paranaense de Energia) e SUDHERSA (Superintendência de

Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Os postos utilizados para este estudo localizavam-se em Araucária, Balsa Nova, Porto Amazonas, São Mateus do Sul, Fluvópolis e União da Vitória. Foi estabelecido este período (1992-2005) para o estudo, exatamente porque em junho-julho de 1992 ocorreu a última grande enchente do rio Iguaçu, que devido à sua dimensão e ao aporte de sedimentos que certamente arrastou consigo, moldou as feições da planície, deixando-a muito próxima da que se observa atualmente. Sobre isso, BRINSON (1990) afirmou que são as maiores inundações de menor frequência que determinam os padrões das grandes feições geomórficas das planícies, que persistem por longos períodos.

A leitura quinzenal do lençol freático (APÊNDICES 1 a 20), aliada ao acompanhamento das réguas fluviométricas (APÊNDICES 21 a 26), permitiu situar níveis, a partir dos quais os pontos estudados passaram a ter influência da hidromorfia. Quando possível, foram estabelecidos inclusive modelos matemáticos que pudessem expressar a relação obtida. Além disso, foi estimado o período contínuo mais longo de hidromorfia destes últimos 13 anos, considerando como evento único, mesmo que contasse com até 3 dias de semi-hidromorfia em seu entremeio. Não foi estabelecida uma profundidade média de hidromorfia para cada local porque, devido à limitação de profundidade dos poços (1 metro ou 1,5 metros, conforme o caso), quando o lençol freático estava abaixo disso não se tinha referência para obter a sua profundidade exata.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ainda que durante o período de atividades (set/2004 – ago/2005) o rio não tenha reproduzido grandes cheias, foi possível estabelecer a relação entre as leituras fluviométricas e as do lençol freático. E mesmo que se tenha conseguido ajustar modelos com boa precisão para quase todas as condições, após testá-los, somente para a agradação do Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro (TABELA 5.1) é que eles se demonstraram realmente adaptáveis. Isso porque, para esse local, devido à proximidade do lençol freático da superfície, é que se obteve o maior número de leituras que foram utilizadas para fazer a modelagem. Nesse caso, em especial, foi possível estabelecer além do tempo de hidromorfia, o tempo de semi-hidromorfia e de não-hidromorfia a que o ambiente esteve sujeito. Os resultados desse esforço

estão sumarizados na TABELA 5.2. Observando os perfis esquemáticos dos pontos estudados, nota-se também a topografia do terreno e o local onde foram instalados os poços, além da profundidade momentânea do lençol freático para um determinado dia de medição (FIGURAS 5.4 a 5.23).

TABELA 5.1 – Modelos obtidos para relacionar a leitura fluviométrica diária com a leitura do lençol freático para a agradação do Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro.

Poço	modelo	R ²
AG1	$Y = 2 [31,3911 - (-1,2388) X [\text{Log} (2^{\text{max}}(Z)) - \log(X)]]$ para Z=100	0,9954
AG2	$Y = 2 [14,1724 - (-1,0356) X [\text{Log} (2^{\text{max}}(Z)) - \log(X)]]$ para Z=150	0,9888
AG3	$Y = 2 [26,2021 - (-1,0353) X [\text{Log} (2^{\text{max}}(Z)) - \log(X)]]$ para Z=100	0,9958
AG4	$Y = 2 [11,2486 - (-1,0391) X [\text{Log} (2^{\text{max}}(Z)) - \log(X)]]$ para Z=150	0,9902

Nota: X = leitura régua fluviométrica Y = leitura do poço

Devido à dificuldade de encontrar trabalhos semelhantes que pudessem servir de parâmetro para se testar os dados obtidos, julgou-se importante compará-los com a descrição pedológica feita por CURCIO (2006) para os mesmos pontos de estudo. Isso porque, segundo esse autor, a saturação hídrica é fortemente refletida nas características morfológicas dos solos.

Sendo assim, para o **Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro**, onde o rio Iguazu possui meandramentos constantes e larga planície (CURCIO, *op. cit.*), observa-se nos pontos de maior saturação hídrica, com o tempo relativo de hidromorfia superior a 36% (ponta de barra - AG1, barra atual - AG3 e bacia de inundação - DG3 – FIGURA 5.4 e 5.5) a classe dos Gleissolos, que se caracterizam pela gleização⁶ intensa, cores variegadas⁷ e mosqueados⁸ a poucos centímetros de profundidade. São divididos em Gleissolos Hápicos (AG3) e Melânicos (AG1 e DG3), diferenciados pela forte concentração de matéria orgânica do último, em decorrência da anaerobiose constante. Ainda que possua hidromorfia acentuada (34%), DG1 está localizado logo na margem do rio (ombreira – FIGURA 5.5), o que lhe favorece o escoamento e parece determinar decisivamente no seu enquadramento como Cambissolo Flúvico gleico⁹ (mais evoluído pedologicamente que o Gleissolo, pois

⁶ Gleização: processo de redução e solubilização de compostos de ferro em presença de matéria orgânica devido às condições de encharcamento e conseqüente escassez de oxigênio, evidenciado pelas cores neutras (cromas reduzidas) que produz no solo, normalmente acinzentadas (EMBRAPA, 1999).

⁷ Variegado: que apresenta diversos matizes, ou cores variadas (FERREIRA, 1988).

⁸ Mosqueados: redutos pontuais de segregações ferruginosas, de cor avermelhada ou amarelada, originado pela alternância da oxidação, por efeito da flutuação constante do lençol freático.

⁹ Caráter Gleico: o processo de gleização torna-se perceptível abaixo de 50 cm de profundidade do solo/substrato (CURCIO, 2006).

possui horizonte B). A influência da água surge com força apenas aos 70 cm de profundidade, com evidências de mosqueamento, que lhe conferem o caráter gleico. A condição de DG2 é bastante semelhante, sendo que a posição ligeiramente mais alçada (FIGURA 5.5) é o fator preponderante para a sua classificação como Cambissolo Flúvico gleico e concorda com 23,6% de tempo relativo de hidromorfia.

FIGURA 5.4 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.

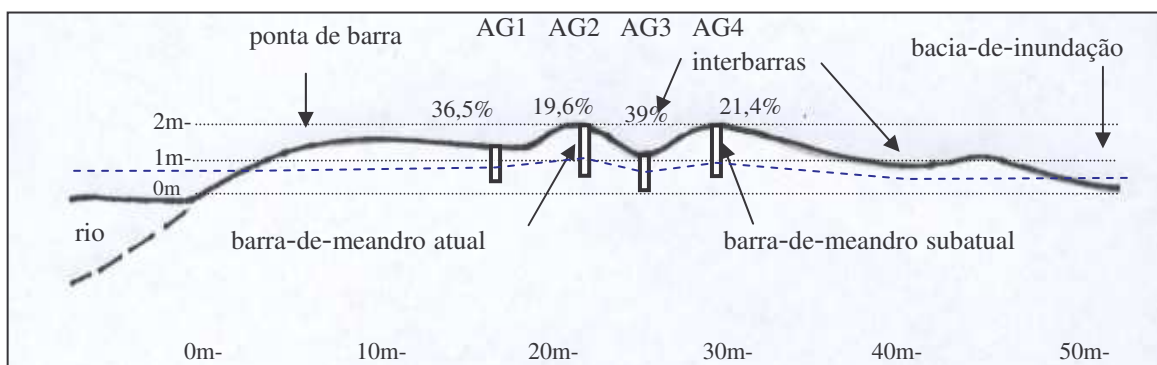
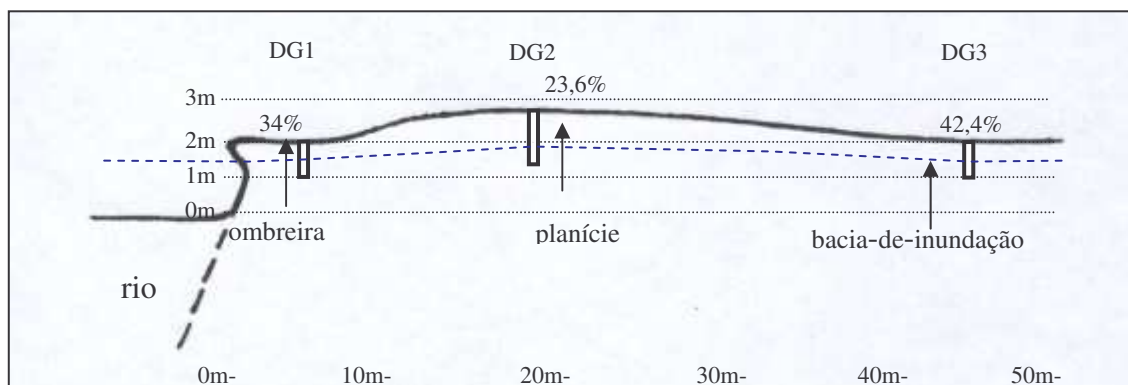


FIGURA 5.5 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



AG2 e AG4 são Neossolos flúvicos gleizados¹⁰, ou seja, são solos pouco evoluídos, com horizonte A diretamente assente sobre o horizonte C, constituído por sedimentos aluviais dispostos em camadas estratificadas sem nenhuma relação pedogenética entre si e que possuem gleização dentro de 50 cm de profundidade. O tempo relativo de ambos é médio (19,6 e 21,4%), ratificando a condição de gleização.

¹⁰ Caráter Gleizado: o processo de gleização torna-se perceptível dentro dos 50 cm iniciais do solo/substrato (CURCIO, 2006).

Para a formação **Campo do Tenente**, na qual o rio Iguaçu passa a ser mais encaixado, observa-se um tempo relativo muito baixo de hidromorfia em AG1 (2,0%), AG3 (0,2%), DG1 (0,15%) e DG2 (0,10%), já que se encontram em porções alteadas da planície, além de terem elevada permeabilidade saturada (FIGURAS 5.6 e 5.7; TABELA 5.3).

FIGURA 5.6 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Campo do Tenente, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.

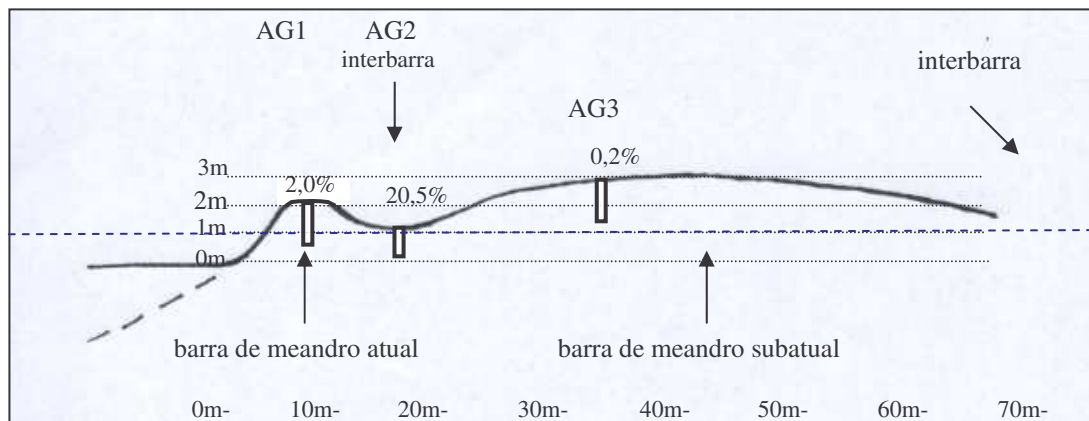
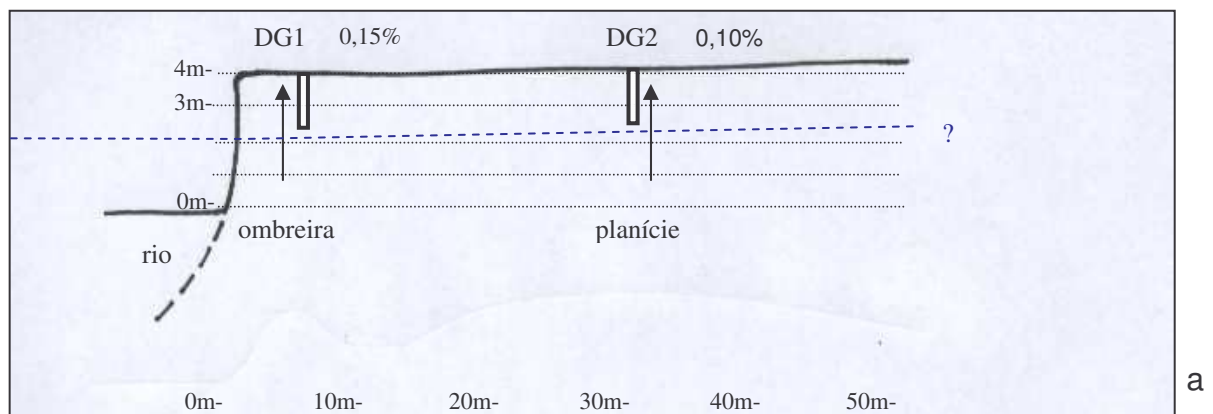


FIGURA 5.7 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Campo do Tenente, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



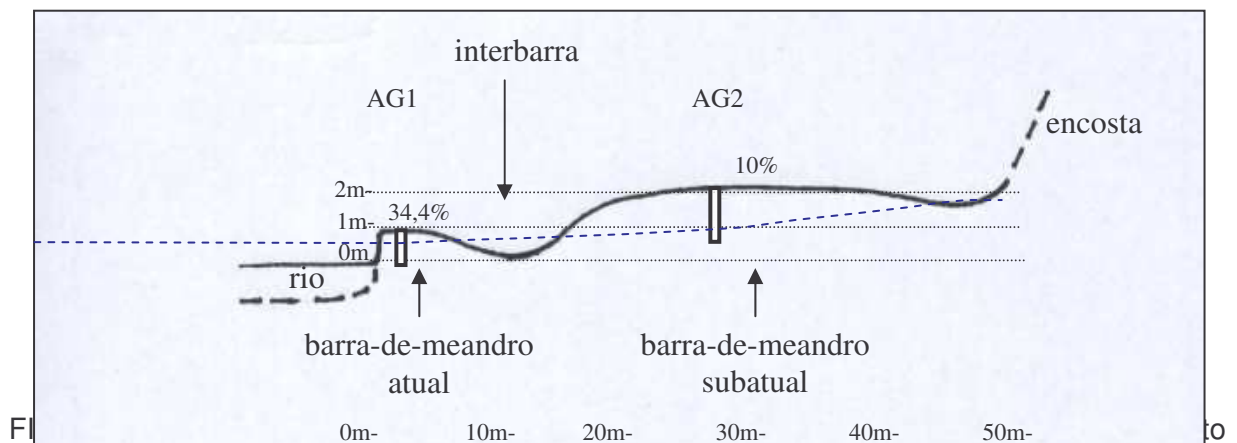
manutenção de cromas elevados, determinando a classe de solos dominante como Neossolo Flúvico psamítico (exibe grande quantidade de areia). O ponto mais próximo do rio (AG1), por ser formado recentemente, ainda não apresenta um horizonte A superficial bem constituído, sendo por isso chamado de Depósito Psamítico.

Concordando com a leitura da água subterrânea, que atestou 20,51% sob hidromorfia, somente AG2 possui indicativos de saturação hídrica, com cromas

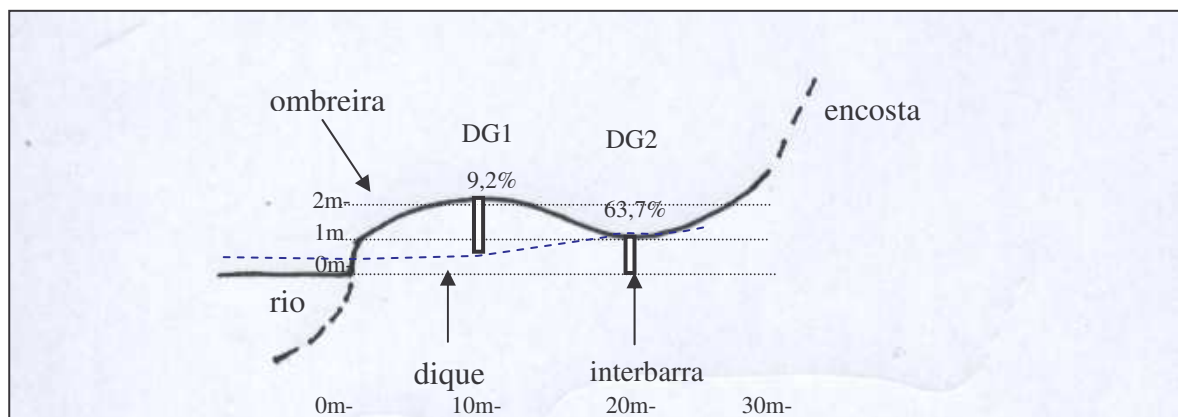
reduzidos e mosqueados por volta de 50 cm de profundidade, o que lhe caracteriza como um Neossolo Flúvico gleizado.

Na formação **Furnas**, dominada amplamente por rochas do tipo arenito, o rio mantém-se encaixado e apresenta corredeiras e encaichoeramentos contínuos, denotando o maior gradiente dessa porção. Nessa condição, era de se esperar que a planície não tivesse grande influência da hidromorfia, exatamente como acontece com a barra subatual AG2 e o dique marginal DG1, com valores entre 9 e 10% de tempo relativo, que dão origem a solos muito cromados. Ambos são Neossolos, o primeiro um N. Quartzarênico Órtico e o segundo N. Flúvico espódico, atestando pequena influência da saturação hídrica, por estarem ambos inseridos em condições elevadas da planície e por terem boa drenagem (FIGURAS 5.8, 5.9 e TABELA 5.3).

FIGURA 5.8 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Furnas, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



Furnas, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



Contudo, as superfícies em que se encontram AG1 e DG2 apresentam grande influência do lençol freático, com 30,7% de tempo relativo para o primeiro e 63,7% para o segundo. As características pedológicas são fortemente influenciadas por esses fatores, tanto assim, que a barra de meandro atual onde está AG1 é composta por um Neossolo Flúvico gleizado, que apresenta policromia acentuada e mosqueados comuns já há 15 cm de profundidade. Na planície de DG2 pode ser observado um horizonte H, hístico (orgânico), na camada superior do Gleissolo Melânico, evidentemente formado pela constante anoxia-hipoxia local. Isso acontece porque em ambas as condições a encosta, de grande comprimento de rampa, encontra-se muito próxima (FIGURAS 5.8 e 5.9) e mantém um fluxo hídrico quase constante em subsuperfície, que as mantém saturadas por longos períodos. No caso de AG1, ainda pode ser citada a proximidade do rio como um fator importante, que parece represar o fluxo de água de montante, mantendo o lençol freático em profundidade praticamente constante por várias semanas seguidas (APÊNDICE 5).

Após passar por dois compartimentos Devonianos (C. do Tenente e Furnas) de gradiente mais acentuado e planícies mais estreitas, que dão maior vazão ao rio, novamente na Formação **Mafra/Rio do Sul** tem-se um declínio da declividade e maior meandramento, possibilitando a maior influência da saturação hídrica. Dessa maneira, mesmo o rebaixio onde está AG1 e o reverso da barra de meandro de AG3, que possuem grande alçamento, apresentam grau médio de hidromorfia (17,20 e 15,20%, respectivamente) e acusam marcas morfológicas no solo que indicam a presença da água. AG1 localiza-se inserido em um Neossolo Flúvico gleizado, com horizonte glei há 40 cm da superfície e mosqueados abundantes, enquanto a porção onde está AG3 enquadra-se como um Cambissolo Flúvico gleico, com variegamento após 90 cm em subsuperfície (FIGURA 5.10).

FIGURA 5.10 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Mafra/Rio do Sul, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.

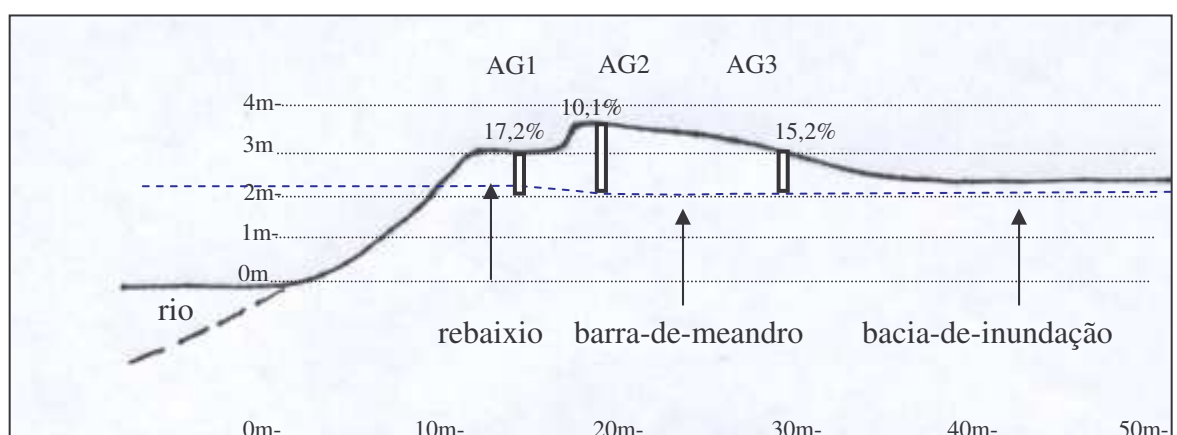
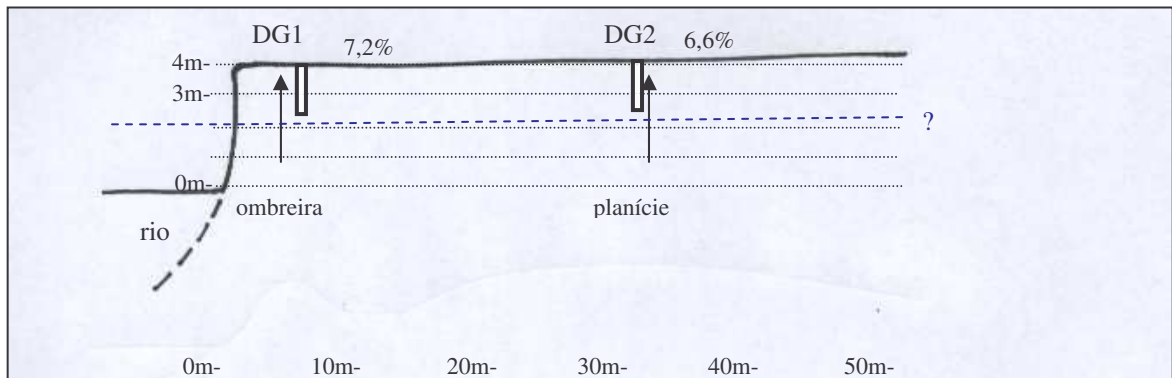


FIGURA 5.11 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Mafra/Rio do Sul, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



Ainda mais alçados que os anteriores e com baixo grau de hidromorfia, os demais pontos, barra atual (AG2) com 10,10% de tempo relativo, ombreira (DG1) com 7,20% e planície (DG2) com 6,6% são Cambissolos Flúvicos típicos, refletindo as eventuais elevações do lençol freático, insuficientes para imprimir-lhes camadas gleizadas ou mosqueamentos (FIGURAS 5.10 e 5.11).

Nas superfícies estudadas da **Formação Rio Bonito**, onde se mantém o meandramento acentuado do rio, observam-se porcentagens de hidromorfia médias a altas (FIGURAS 5.12 e 5.13), determinando a manifestação da gleização em todos os pontos estudados.

FIGURA 5.12 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Rio Bonito, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.

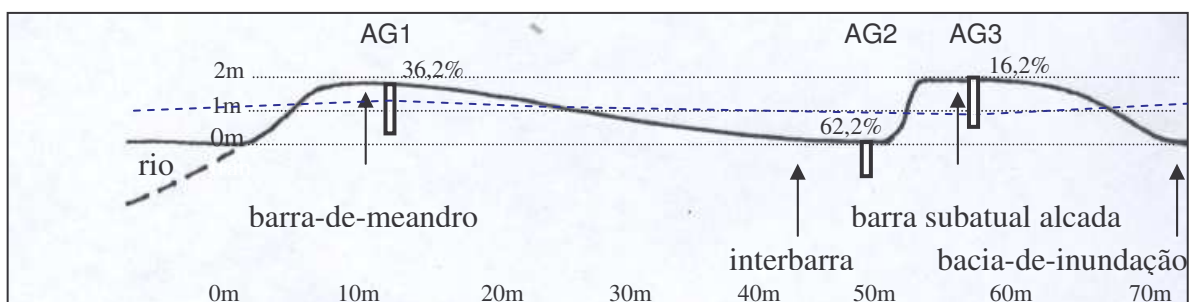
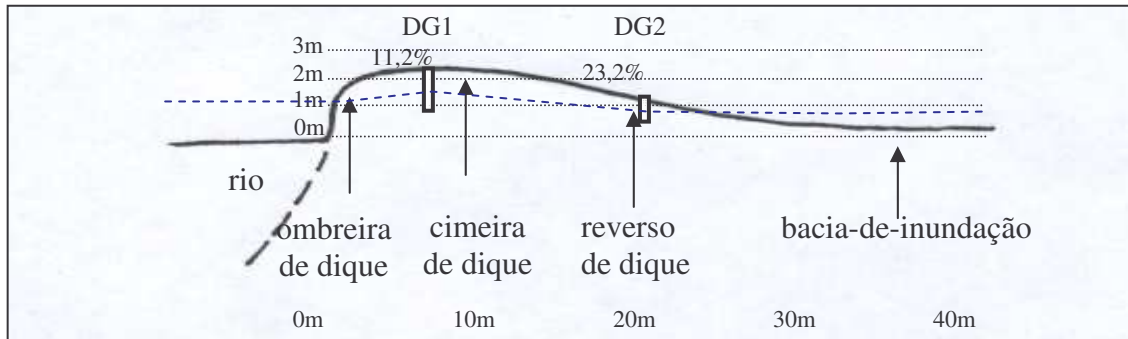


FIGURA 5.13 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Rio Bonito, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.

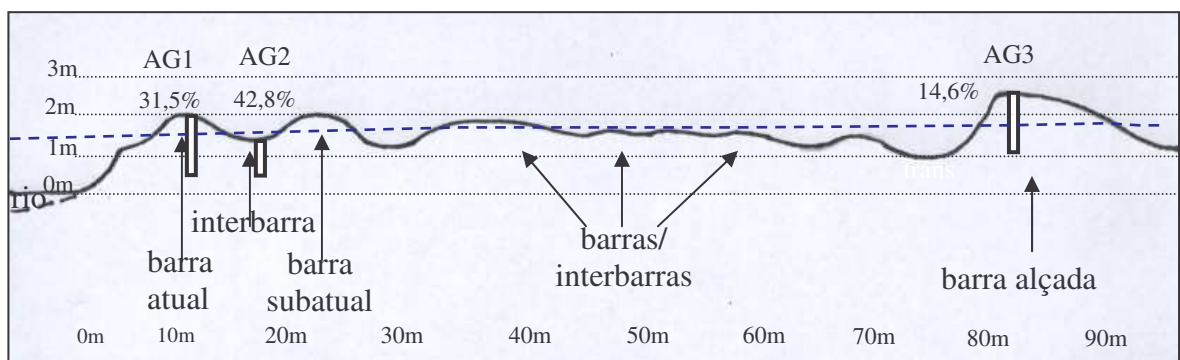


A barra de meandro onde se localiza AG1, com elevado tempo relativo de hidromorfia (36,2%), é formada por um Depósito Psamo-Pelítico com mosqueados próximos da superfície e com camadas inteiramente gleizadas a partir de 49 cm de profundidade. A interbarra em que se insere o AG2 é um dos pontos estudados de maior hidromorfia, com 62,2%, sendo composta por um Gleissolo Háplico que possui camadas gleizadas desde 35 cm de profundidade. Esse longo tempo de hidromorfia também pode ser explicado pelo rompimento do dique marginal que separava essa interbarra do canal do rio Iguaçu, com conseqüente facilitação do transbordamento, motivo maior de sua forte saturação hídrica e do constante assoreamento que dificultam a pigmentação do solo. A barra subatual onde está o AG3, apesar de estar elevada, possui substrato de baixa permeabilidade e drenagem imperfeita (TABELA 5.3), o que proporciona 16,20% do tempo com hidromorfia e a produção de Gleissolo Háplico. A porção denominada de cimeira de dique (DG1) é formada por Neossolo Flúvico gleico, de cores variegadas, com cromas elevados, que denunciam o seu maior alçamento e menor presença do lençol freático (11,2% de tempo relativo), quando comparado aos anteriores. Refletindo sua posição mais rebaixada e interiorizada na planície, o reverso do dique (DG2) é composto por Gleissolo Háplico, com gleização já a 15 cm abaixo da superfície, concordando com o aumento do grau de hidromorfia (23,2%).

A formação **Palermo** também possui influência hídrica subsuperficial acentuada, denotada pelo grau de meandramento do rio nesta porção. A barra atual (AG1), de idade mais recente, é formada por um substrato de desenvolvimento incipiente, denominado de Depósito Psamo-pelítico gleizado, de elevada influência do freático (31,5% de tempo relativo) (FIGURA 5.14). Concordando com a sua

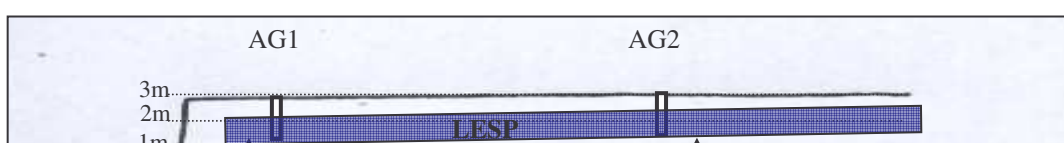
posição mais rebaixada, a interbarra adjacente (AG2) é ainda mais hidromórfica (42,8%), o que confere ao seu substrato as características de Gleissolo Háplico, com mosqueados há menos de 20 cm de profundidade. A barra subatual mais alçada (AG3), apesar de sua altura e do tempo médio de hidromorfia calculado (14,6%), também é constituída por Gleissolo Háplico, provavelmente em função de sua textura argilosa.

FIGURA 5.14 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Palermo, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



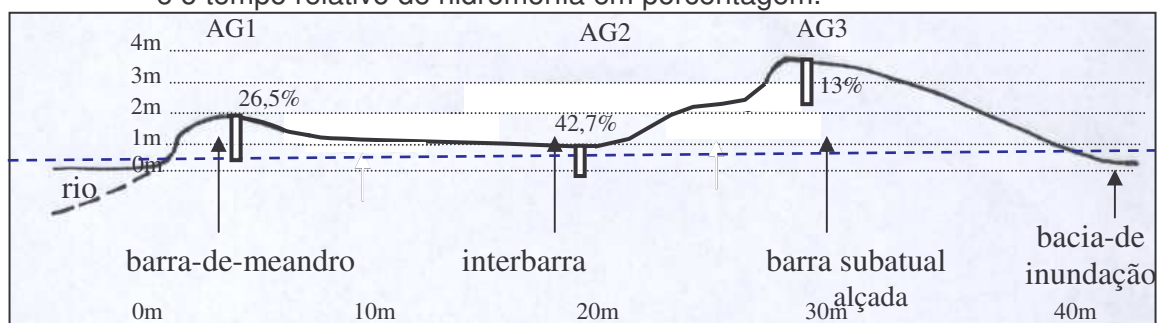
A superfície de degradação deste compartimento, por sua vez, foi um caso a parte no estudo (FIGURA 5.15). A característica estrutural em blocos e prismas de seu solo, conciliada à textura mais argilosa encontrada no estudo de CURCIO (2006) (70 g/kg), propicia uma permeabilidade saturada extremamente baixa (0,9 cm/h – CURCIO *op. cit.*) ao local. Juntando-se a isso, a planicidade da superfície, que dificulta ainda mais a drenagem, formou-se uma condição bastante específica, determinada pela completa independência entre a leitura do freático e o nível do rio. Isso porque o escoamento da água dentro do perfil do solo é muito lento e forma “nuvens” ou “bolsões” saturados hidricamente, sem nenhuma ligação, ao menos momentânea, com o nível freático que abastece o curso d’água. Essa verdadeira coluna de saturação hídrica é denominada por CURCIO (*op. cit.*) de lençol suspenso pluviométrico (LESP), conforme se observa na representação esquemática. Dessa maneira, por não ter sido possível estabelecer nenhuma relação com a fluviometria, tornou-se impraticável estimar a hidromorfia que o ambiente está sujeito, contudo, pode-se afirmar que a mesma é bastante acentuada, não só pelas leituras do LESP (APÊNDICE 11), mas, sobretudo, por se tratarem de Gleissolos Melânicos.

FIGURA 5.15 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Palermo, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e do lençol suspenso pluviométrico.



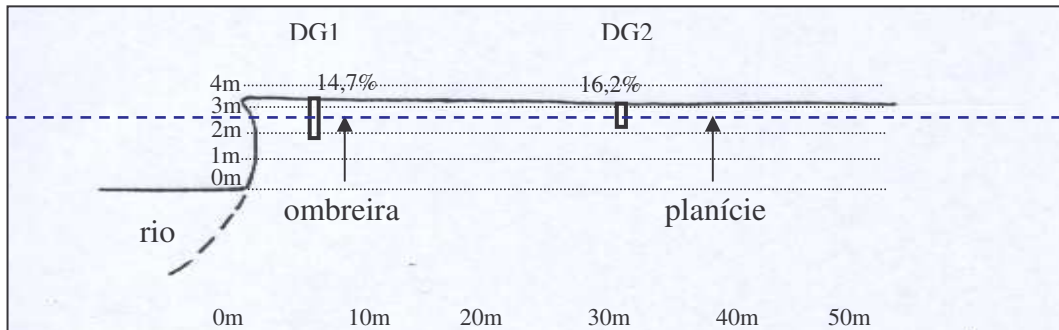
Os folhelhos carbonosos da **Formação Irati**, conferem textura média a argilosa aos sedimentos da planície do Iguazu nesse compartimento (TABELA 5.3) e dão suporte a uma intensa hidromorfia e gleização nos perfis do solo. Sendo assim, o depósito Psamo-pelítico em que se encontra AG1 (FIGURA 5.16), alcança 26,5% de tempo relativo de hidromorfia, causando indícios da influência do lençol freático dentro dos 20 cm iniciais do substrato, que se torna ainda mais constante abaixo de 40 cm, demarcado pelo tom acinzentado que produz. Na interbarra que lhe segue (AG2), a intensa saturação hídrica, com tempo relativo de 42,7%, conformou um Gleissolo Háplico típico, inteiramente gleizado. A barra subatual alçada em que se encontra AG3, mesmo sendo mais alta e possuir solos de cromas elevadas, possui hidromorfia razoável (13,1 %), que produz gleização a partir de 32 cm de profundidade.

FIGURA 5.16 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Irati, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



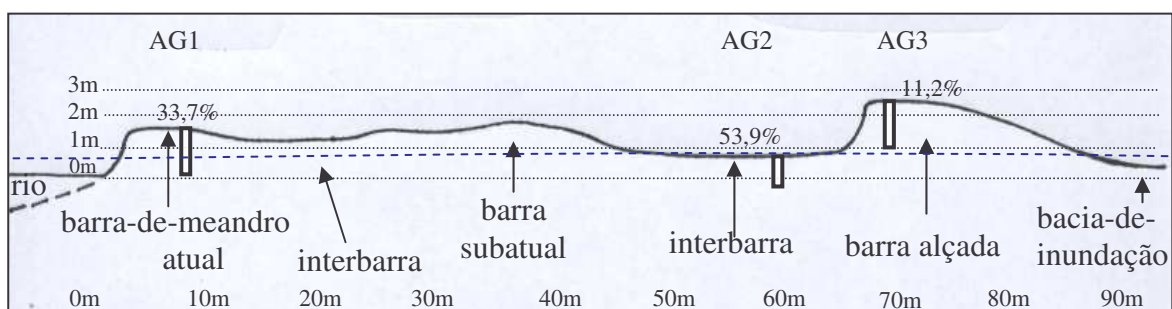
Os poços abertos na degradação deste compartimento (FIGURA 5.17), provavelmente em função da simplicidade de formas de sua superfície, são bastante semelhantes, tanto no que diz respeito à hidromorfia, quanto na configuração do substrato, formado por Neossolos Flúvicos gleizados com mosqueamento por volta dos 30 cm de profundidade. Assim, demonstra-se que um tempo relativo médio, como encontrado para ambas as condições, de 14,7% para DG1 e 16,2% para DG2, pode causar gleização no solo.

FIGURA 5.17 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Irati, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



De características gerais parecidas com os compartimentos anteriores (Rio Bonito, Palermo e Irati), a **Formação Serra Alta** caracteriza-se pela pequena diferença altimétrica entre suas feições geomórficas, que gera alta hidromorfia em praticamente todas as superfícies estudadas (FIGURAS 5.18 e 5.19). Na agradação, AG1 com 33,7% e AG2 com 53,9% de tempo relativo de hidromorfia possuem solos com níveis de gleização que denunciam a presença constante de água a poucos centímetros de profundidade. A única exceção nessa superfície, em função de sua posição elevada e boa drenagem, é a barra subatual de AG3, cujos solos, denominados Neossolos Flúvicos psamíticos, apresentam início de gleização apenas em 135 cm de profundidade, confirmando o tempo mais baixo de hidromorfia, de 11,2%.

FIGURA 5.18 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Serra Alta, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.

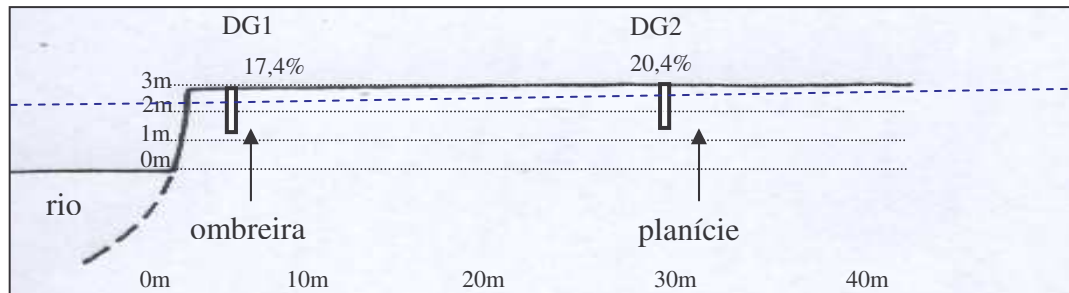


A superfície de degradação formada por Neossolos Flúvicos, é relativamente alçada (FIGURA 5.19). Contudo a sua planicidade, bem como as diferenças texturais entre camadas internas do solo¹¹, permitem a manutenção da água nas

¹¹ A camada mais antiga, subjacente, é muito mais argilosa do que a de cima, de evento mais atual, causando uma maior resistência de infiltração e, por conseguinte, uma descontinuidade no fluxo hídrico do solo, que passa a fluir paralelo às camadas, intensificando os processos de redução do ferro (CURCIO, 2006).

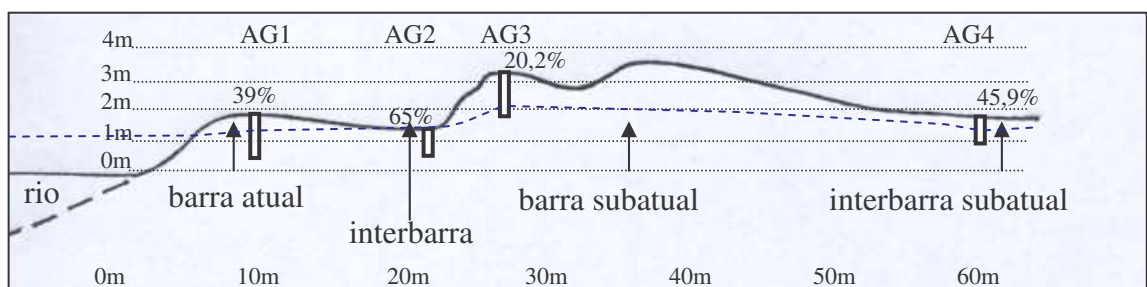
proximidades da superfície por tempo suficiente (17,4% para DG1 e 20,4% para DG2) para marcar o seu caráter gleizado.

FIGURA 5.19 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Serra Alta, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



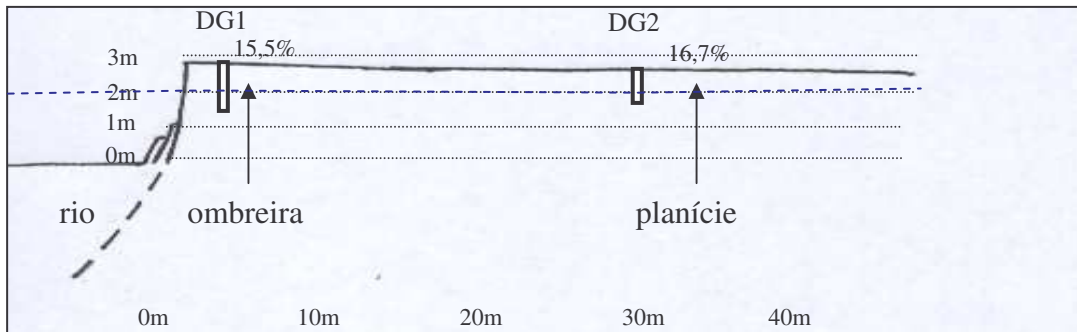
Depois de receber a contribuição do rio Negro, seu principal afluente na região, o Iguçu passa a ter um maior volume de água, que é percebido pela imensidão de suas planícies logo a jusante, exatamente na **Formação Terezina**. Desta maneira, o Iguçu, ao transbordar, pode mover-se horizontalmente e lançar seus sedimentos por centenas de metros, o que favorece as pequenas elevações de suas margens. Do contrário, com uma pequena planície sedimentar, restaria depositar os sedimentos logo nas margens, que passariam a ter maior construção em sentido vertical. Dadas essas condições, as taxas de hidromorfia mais uma vez foram altas, determinando gleização muito acentuada na agradação (FIGURA 5.20), com tempos relativos de hidromorfia muito elevados para as interbarras (AG2 - 64,6% e AG4 - 45,9%), sendo AG2 o local sob maior influência do freático deste estudo. Sendo assim, ambos os locais tiveram como substrato os Gleissolos Háplicos. Mesmo as barras de meandro ficam tempo considerável saturadas hidricamente (AG1 - 39,5% e AG3 - 20,2%) e não por acaso formam Depósito Pelítico gleizado no primeiro caso e Gleissolo Háplico, no segundo.

FIGURA 5.20 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Terezina, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



A degradação como normalmente ocorre é pouco mais alta e de maior planicidade. Mais ainda assim, a dificuldade de drenagem da água manteve os tempos relativos médios de hidromorfia (DG1 - 15,5% e DG2 - 16,7%) (FIGURA 5.21), proporcionando a formação de Cambissolos Flúvicos de caráter gleico.

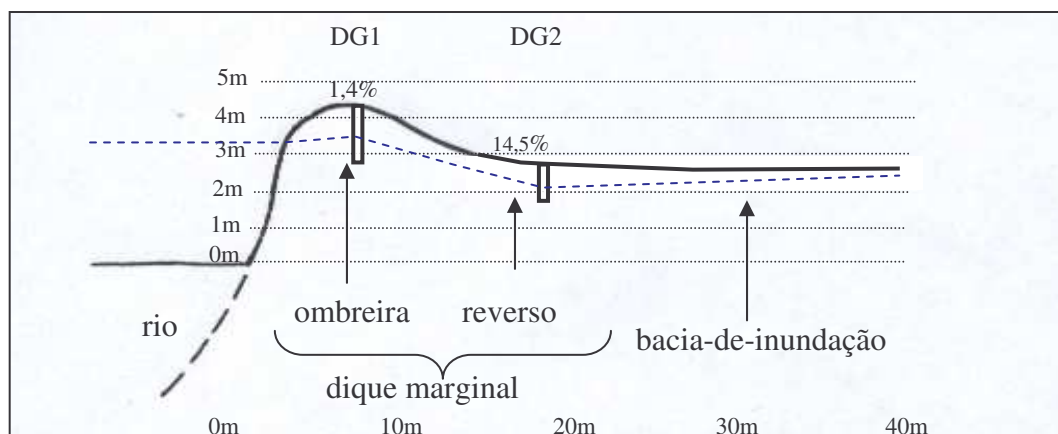
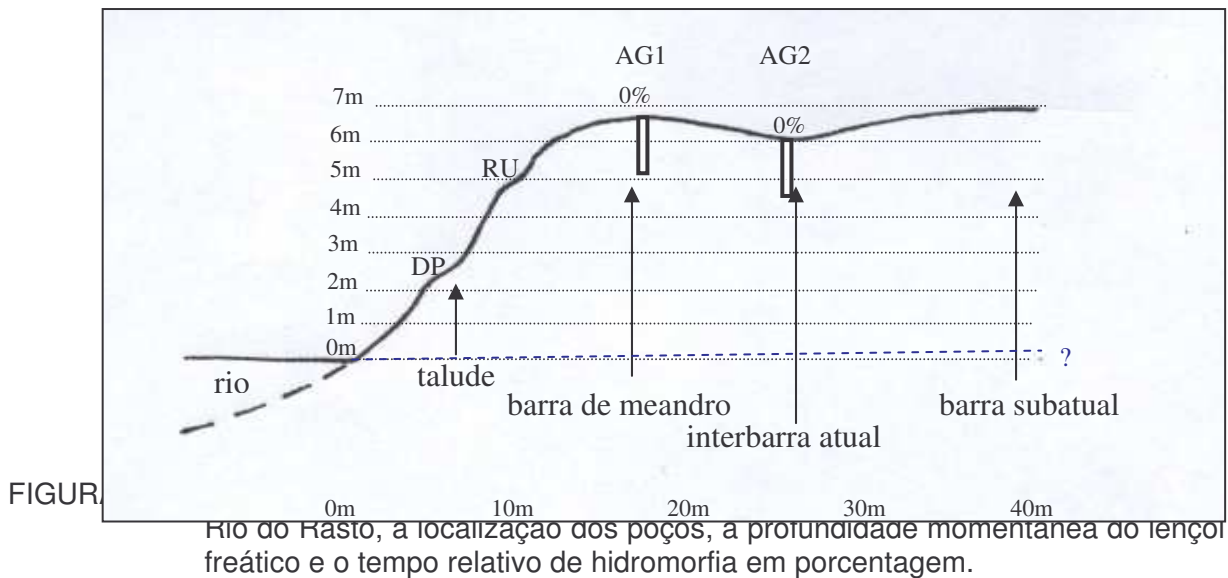
FIGURA 5.21 - Perfil esquemático representando a curva de degradação do compartimento Terezina, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



tendo recebido a contribuição de mais um grande afluente, desta vez o rio Timbó, o Iguazu adquire enormes dimensões, alcançando a **Formação Rio do Rasto**. Nessa porção, o rio está prestes a adentrar nos basaltos da Formação Serra Geral, onde, originalmente, passava a ser encaixado e encaichoerado, reduzindo bruscamente a sua extensão de planície de quilômetros para menos de 100 metros, com forte redução de velocidade a montante (CURCIO, *op. cit.*). Por conseqüência, nessa região, o rio passa a conformar diques marginais e barras de meandro muito altas, visto que todos os sedimentos trazidos de montante não conseguem passar rapidamente pelo estreitamento, acumulando-se verticalmente.

Sendo assim, as feições geomórficas tornaram-se muito alçadas, o que reduziu acentuadamente o tempo relativo de hidromorfia, tanto na agradação, quanto na degradação. Na agradação (FIGURA 5.22), AG1 e AG2 não registraram água nas profundidades medidas em nenhum instante durante todo o período, assim como também em DG1, porção mais alta da degradação (FIGURA 5.23). Em todos esses pontos, encontraram-se Neossolos Flúvicos quartzarênicos, que não apresentaram nenhum sinal de redução do ferro e nem alterações morfológicas induzidas pela presença constante da água no primeiro metro de profundidade. Apenas no reverso do dique marginal da degradação, em DG2, é que a água chegou mais próxima da superfície, registrando 14,5% de tempo relativo, onde formou um Gleissolo Háplico incéptico. O caráter incéptico indica insipiência, denotando um solo ainda em evolução, transicionando para um Cambissolo gleico, corroborando o valor médio de hidromorfia.

FIGURA 5.22 - Perfil esquemático representando a curva de agradação do compartimento Rio do Rasto, a localização dos poços, a profundidade momentânea do lençol freático e o tempo relativo de hidromorfia em porcentagem.



Exposto tudo isso, fica clara a relação entre as superfícies da planície, a morfologia dos solos de cada feição e a hidromorfia local, que pode ser vista de forma resumida na TABELA 5.3. Dessa maneira, confirma-se, também, a coerência dos resultados obtidos. Obviamente, que as respostas não exibem precisão matemática, pois estes fatores estão ainda associados às formas de relevo, à altura de alçamento, à distância do rio, à distância da encosta (já que o solo pode receber recarga por escoamento da encosta) e variações texturais do substrato.

TABELA 5.2 – Tempo relativo de hidromorfia, período máximo de hidromorfia contínua e época em que isso aconteceu.

Compartimento/Poço	AG1	AG2	AG3	AG4	DG1	DG2	DG3
Complexo Gnáissico migmatítico							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	36,50	19,60	39,00	21,40	34,00	23,60	42,40
Tempo relativo de semi-hidromorfia (%)	15,70	19,20	24,80	21,50			
Tempo relativo de não hidromorfia (%)	47,80	60,70	36,20	57,10			
Dias contínuos de hidromorfia	107	50	108	51	88	52	259
Dias contínuos de hidro. e semi-hidro.	115	108	266	111			
Época do ano	dez.95-abr96	dez.95-abr96	set.97-jun98	dez.95-abr96	fev.-mai.98	jan.-fev.95	set.97-jun98
Formação Campo do Tenente							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	2,03	20,51	0,15	–	0,15	0,10	–
Dias contínuos de hidromorfia	24	67	6	–	6	5	–
Época do ano	set.-out.98	out.-dez.97	jan.1995	–	jan.1995	jan.1995	–
Formação Furnas							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	30,70	10,04	–	–	9,17	63,70	–
Dias contínuos de hidromorfia	104	39	–	–	39	249	–
Época do ano	jan-mai.98	set.-out.98	–	–	set.out.98	set.97-mai98	–
Formação Mafra/Rio do Sul							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	17,20	10,10	15,20	–	7,20	6,6	–
Dias contínuos de hidromorfia	71	39	46	–	30	29	–
Época do ano	set.-dez.97	set.-out.98	jan.-fev.95	–	set.-out.98	set.-out.98	–
Formação Rio Bonito							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	36,20	62,17	16,20	–	11,20	23,20	–
Dias contínuos de hidromorfia	240	268	81	–	65	90	–
Época do ano	set.97-mai98	out.97-nov. 98	out.97-mai98	–	out-dez.97	out. - dez 97	–
Formação Palermo							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	31,50	42,80	14,60	–	*	*	–
Dias contínuos de hidromorfia	229	247	79	–	*	*	–
Época do ano	out.97-mai98	set.97-mai98	out.97-dez. 97	–	*	*	–
Formação Irati							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	26,51	42,67	13,05	–	14,65	16,15	–
Dias contínuos de hidromorfia	137	247	68	–	79	81	–
Época do ano	out.-dez 97	set.97-mai98	out.-dez 97	–	out.-dez 97	out.-dez 97	–
Formação Serra Alta							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	33,70	53,90	11,20	–	17,40	20,40	–
Dias contínuos de hidromorfia	230	416	65	–	85	87	–
Época do ano	out.97mai98	set97-nov.98	out-dez.97	–	out.-dez 97	out.-dez 97	–
Formação Terezina							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	39,50	64,60	20,20	45,90	15,48	16,70	–
Dias contínuos de hidromorfia	232	265	78	243	84	89	–
Época do ano	out.97mai98	set.97-jun.98	out.-dez.97	set.97-mai98	ago.-nov.98	ago.-nov.98	–
Formação Rio do Rasto							
Tempo relativo de hidromorfia (%)	0	0	–	–	1,44	14,50	–
Dias contínuos de hidromorfia	0	0	–	–	16	81	–
Época do ano	–	–	–	–	out.98	ago.-nov.98	–

TABELA 5.3 – Principais características das superfícies estudadas.

Compartimento/Poço	AG1	AG2	AG3	AG4	DG1	DG2	DG3
C. Gnáissico Miamatítico							
*solo	GM	RU gleizado	GX	RU gleizado	CF gleico	CF gleico	GM
*textura	arg./méd.	arg./méd.	arg./méd.	arg./méd.	argilosa	argilosa	argilosa
*permeabilidade (cm/h)	mto. lenta	mto.rápida				lenta	
*drenagem	mal	imperfeitam.	mto.mal	imperfeitam.	imperfeitam.	imperfeitam.	mto.mal
tempo relativo de hidrom. (%)	36,5	19,6	39,0	21,4	34,0	23,6	42,4
Formação C. do Tenente							
solo	DPs	RU gleizado	RU	–	RU	RU	–
textura	arenosa	arenosa	arenosa	–	arenosa	arenosa	–
permeabilidade (cm/h)	rápida		mto.rápida	–		mto.rápida	–
drenagem	fortemente	mal	fortemente	–	fortemente	fortemente	–
tempo relativo de hidrom. (%)	2,0	20,5	0,2	–	0,2	0,1	–
Formação Furnas							
solo	RU gleizado	RQ	–	–	RU	GM histórico	–
textura	média	arenosa	–	–	méd./aren.	média	–
permeabilidade (cm/h)	mto.rápida	mto.rápida	–	–	mod. lenta		–
drenagem	imperfeitam.	excessivam.	–	–	fortemente	mto. mal	–
tempo relativo de hidrom. (%)	30,7	10	–	–	9,2	63,7	–
Formação Mafra/R. do Sul							
solo	Ru gleizado	CF	CF gleico	–	CF	CF	–
textura	méd./arg.	arg./méd.	arg./méd.	–	méd./arg.	méd./arg.	–
permeabilidade (cm/h)				–		mto.rápida	–
drenagem	imperfeitam.	bem	imperfeitam.	–	bem	bem	–
tempo relativo de hidrom. (%)	17,2	10,1	15,2	–	7,2	6,6	–
Formação Rio Bonito							
solo	DPsl gleizado	GX	GX	–	RU gleico	GX	–
textura	média	média	média	–	arenosa	arenosa	–
permeabilidade (cm/h)	lenta		lenta	–	mto. rápida		–
drenagem	moderadam.	imperfeitam.	imperfeitam.	–	moderadam.	imperfeitam.	–
tempo relativo de hidrom. (%)	36,2	62,2	16,2	–	11,2	23,2	–
Formação Palermo							
solo	DPsl gleizado	GX	GX	–	GM	GM	–
textura	média	argilosa	argilosa	–	argilosa	argilosa	–
permeabilidade (cm/h)	lenta			–	mto. lenta		–
drenagem	imperfeitam.	muito mal	moderadam.	–	imperfeitam.	imperfeitam.	–
tempo relativo de hidrom. (%)	31,5	42,8	14,6	–	*	*	–
Formação Irati							
solo	DPsl gleizado	GX	GX	–	RU gleizado	RU gleizado	–
textura	média	arg./méd.	média	–	média	méd./arg.	–
permeabilidade (cm/h)	rápida		mto.rápida	–	mto.lenta		–
drenagem	moderadam.	mal	moderadam.	–	moderadam.	moderadam	–
tempo relativo de hidrom. (%)	26,5	42,7	13,1	–	14,7	16,2	–
Formação Serra Alta							
solo	RU gleizado	GX	RU	–	RU gleizado	RU gleizado	–
textura	argilosa	méd./arg.	aren./média	–	mod.lenta		–
permeabilidade (cm/h)	mto.rápida		lenta	–	méd./arg.	méd./arg.	–
Drenagem	moderadam.	mal	bem	–	imperfeitam.	imperfeitam.	–
tempo relativo de hidrom. (%)	33,7	53,9	11,2	–	17,4	20,4	–
Formação Terezina							
solo	DPI gleizado	GX	GX	GX	CFgleico	CF	–
textura	argilosa	argilosa	arg./méd.	argilosa	méd./arg.	méd./arg.	–
permeabilidade (cm/h)	mto.rápida		mto.lenta		mto.lenta		–
drenagem	imperfeitam.	mal	imperfeitam.	imperfeitam.	moderadam.	moderadam	–
tempo relativo de hidrom. (%)	39,5	64,6	20,2	45,9	15,5	16,7	–
Formação Rio do Rasto							
solo	RU	RU	–	–	RQ	GX incéptico	–
textura	arenosa	arenosa	–	–	arenosa	média	–
permeabilidade (cm/h)	mto.rápida		–	–	mto.rápida	mto.lenta	–
drenagem	excessivam.	bem	–	–	excessivam	imperfeitam.	–
tempo relativo de hidrom. (%)	0,0	0,0	–	–	1,4	14,5	–

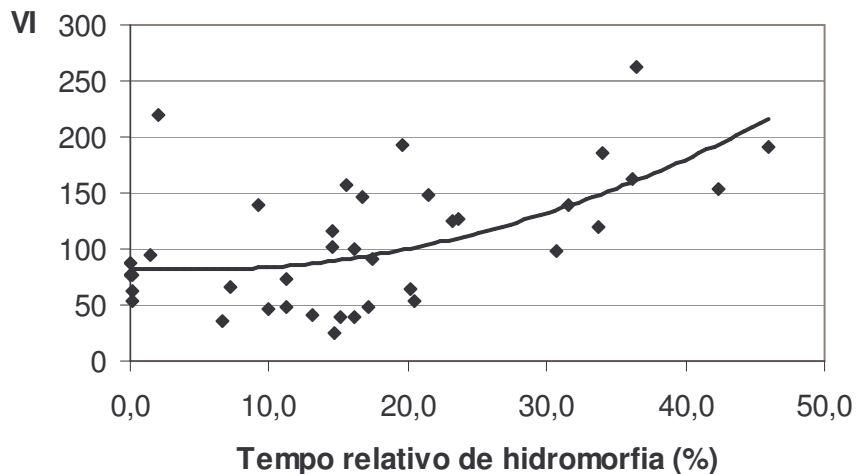
Nota: GM – Gleissolo Melânico, GX – Gleissolo Háptico, RU – Neossolo Flúvico, CF – Cambissolo Flúvico, DPs – Depósito Psamítico, DPsl – Depósito Psamo-pelítico, DPI – Depósito pelítico, RQ – Neossolo Quartzarênico.

* CURCIO (2006).

Ao observar os dados, é notório, também, que existe uma pluralidade de condições hidro-pedológicas de grande complexidade na planície do rio Iguaçu, que deve ser profundamente estudada e entendida, e que certamente afeta a distribuição das espécies vegetais, não só arbóreas.

Demonstrando a relação dos dados de hidromorfia com as espécies estudadas (TABELA 5.4), nota-se a dominância absoluta de *S. commersoniana*, que ocorreu em 40 pontos dos 51 possíveis (78% de freqüência). Provavelmente por ter um maior número de repetições, foi a única para qual se pôde observar alguma tendência quanto à sua distribuição, correlacionada à saturação hídrica, pois teve um maior valor de importância (VI), conforme o aumento do tempo relativo de hidromorfia (FIGURA 5.24).

FIGURA 5.24 – Distribuição do valor de importância de *Sebastiania commersoniana*, conforme o tempo relativo de hidromorfia, inserida a linha de tendência.



Se fosse feita uma divisão entre as espécies, *S. commersoniana*, que registrou o maior valor de tempo máximo relativo de hidromorfia (45,9% - TABELA 5.5), estaria no grupo daquelas que melhor suportaram a saturação hídrica, juntamente com *E. crista-galli* (42,4%) e *S. humboldtiana* (39,5%). Apresentando uma queda acentuada, em uma posição intermediária, observa-se *S. terebinthifolius*, com 30,7%. Mais abaixo e bastante próximas estariam *V. megapotamica* (23,6%), *M. elaeagnoides* (23,2%) e *L. divaricata* (23,2%). Finalmente, para *A. angustifolia* foi observado um tempo relativo máximo de 14,6%.

TABELA 5.4 – Distribuição das espécies ao longo dos pontos estudados, referenciados as suas alturas e diâmetros máximos e valores de importância.

Compartimento	C. G. Migmatítico							Formação C. do Tenente					Formação Furnas				Formação Mafra/Rio do Sul					Formação Rio Bonito				
	AG1	AG2	AG3	AG4	DG1	DG2	DG3	AG1	AG2	AG3	DG1	DG2	AG1	AG2	DG1	DG2	AG1	AG2	AG3	DG1	DG2	AG1	AG2	AG3	DG1	DG2
Poço	36,5	19,6	39,0	21,4	34,0	23,6	42,4	2,0	20,5	0,2	0,2	0,1	30,7	10	9,2	63,7	17,2	10,1	15,2	7,2	6,6	36,2	62,2	16,2	11,2	23,2
Tempo relativo de Hidrom.(%)	36,5	19,6	39,0	21,4	34,0	23,6	42,4	2,0	20,5	0,2	0,2	0,1	30,7	10	9,2	63,7	17,2	10,1	15,2	7,2	6,6	36,2	62,2	16,2	11,2	23,2
<i>Araucaria angustifolia</i>																										
valor de importância	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
altura máxima (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
diâmetro máximo (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Erythrina crista-galli</i>																										
valor de importância	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-
altura máxima (m)	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-
diâmetro máximo (cm)	-	-	-	-	-	-	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	-
<i>Luehea divaricata</i>																										
valor de importância	-	11	-	-	-	-	-	-	-	86	-	50	-	-	-	-	26	38	31	62	88	-	-	-	14	13
altura máxima (m)	-	15	-	-	-	-	-	-	-	14	-	14	-	-	-	-	12	12	13	17	17	-	-	-	10	9
diâmetro máximo (cm)	-	33	-	-	-	-	-	-	-	55	-	53	-	-	-	-	31	35	37	64	87	-	-	-	21	17
<i>Matayba elaeagnoides</i>																										
valor de importância	-	7	-	8	-	-	-	-	-	20	52	27	-	35	17	-	-	16	11	-	10	-	-	12	17	10
altura máxima (m)	-	6	-	7	-	-	-	-	-	10	11	13	-	10	8	-	-	6	4	-	12	-	-	23	8	8
diâmetro máximo (cm)	-	6	-	5	-	-	-	-	-	19	44	45	-	21	15	-	-	17	14	-	16	-	-	7	9	9
<i>Salix humboldtiana</i>																										
valor de importância	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	138	-	-	-	-
altura máxima (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16*	-	-	-	-
diâmetro máximo (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-	-	-
<i>Schinus terebinthifolius</i>																										
valor de importância	-	10	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	8	28	9
altura máxima (m)	-	11	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	7	9	7
diâmetro máximo (cm)	-	26	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	11	15	9
<i>Sebastiania commersoniana</i>																										
valor de importância	262	192	-	148	185	126	153	219	-	62	53	76	98	47	139	-	48	-	39	66	35	162	-	39	73	125
altura máxima (m)	10	13	-	13	11	11	12	8	-	8	8	8	8	10	8	-	10	-	6	11	11	5	-	8	10	10
diâmetro máximo (cm)	31	38	-	27	18	40	27	31	-	26	11	31	28	22	39	-	24	-	21	37	34	16	-	25	18	22
<i>Vitex megapotamica</i>																										
valor de importância	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-	-	-	45	63	14
altura máxima (m)	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	9	10	7
diâmetro máximo (cm)	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	48	28	13

Nota: * Comprimento máximo

continua...

Compartimento	Formação Palermo					Formação Irati					Formação Serra Alta					Formação Terezina					Formação Rio do Rasto				
	AG1	AG2	AG3	DG1	DG2	AG1	AG2	AG3	DG1	DG2	AG1	AG2	AG3	DG1	DG2	AG1	AG2	AG3	AG4	DG1	DG2	AG1	AG2	DG1	DG2
Tempo relativo de Hidrom.(%)	31,5	42,8	14,6	-	-	26,5	42,7	13,1	14,7	16,2	33,7	53,9	11,2	17,4	20,4	39,5	64,6	20,2	45,9	15,5	16,7	0,0	0,0	1,4	14,5
<i>Araucaria angustifolia</i>																									
valor de importância	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	28	-	-
altura máxima (m)	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-
diâmetro máximo (cm)	-	-	r	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	-
<i>Erythrina crista-galli</i>																									
valor de importância	-	-	-	-	-	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
altura máxima (m)	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
diâmetro máximo (cm)	-	-	-	-	-	-	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Luehea divaricata</i>																									
valor de importância	-	-	-	-	34	-	-	9	13	32	-	-	-	21	40	-	-	-	-	-	20	24	33	-	-
altura máxima (m)	-	-	-	-	13	-	-	7	9	11	-	-	-	7	12	-	-	-	-	-	8	12	13	-	-
diâmetro máximo (cm)	-	-	-	-	49	-	-	6	22	23	-	-	-	26	31	-	-	-	-	-	8	28	43	-	-
<i>Matayba elaeagnoides</i>																									
valor de importância	-	-	11	77	39	-	-	31	28	-	-	-	39	17	31	-	-	8	-	8	21	24	-	32	-
altura máxima (m)	-	-	4	11	12	-	-	9	9	-	-	-	10	10	9	-	-	8	-	11	11	19	-	11	-
diâmetro máximo (cm)	-	-	12	49	43	-	-	38	30	-	-	-	28	17	20	-	-	30	-	27	17	12	-	25	-
<i>Salix humboldtiana</i>																									
valor de importância	161	-	-	-	-	300	-	-	-	-	180	-	-	-	-	300	-	-	-	-	-	-	-	-	-
altura máxima (m)	13*	-	-	-	-	9	-	-	-	-	5	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
diâmetro máximo (cm)	57	-	-	-	-	31	-	-	-	-	29	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Schinus terebinthifolius</i>																									
valor de importância	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-
altura máxima (m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
diâmetro máximo (cm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	-
<i>Sebastiania commersoniana</i>																									
valor de importância	139	-	116	52	80	-	-	41	25	100	120	-	49	91	53	-	-	65	191	158	146	87	77	95	101
altura máxima (m)	7	-	11	14	13	-	-	10	7	12	6	-	10	13	14	-	-	8	9	3	12	9	7	7	12
diâmetro máximo (cm)	18	-	35	28	33	-	-	27	18	34	18	-	29	25	59	-	-	18	22	6	27	23	28	27	24
<i>Vitex megapotamica</i>																									
valor de importância	-	-	43	-	9	-	22	-	18	-	-	23	71	46	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-	
altura máxima (m)	-	-	15	-	9	-	9	-	8	-	-	10	12	13	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	
diâmetro máximo (cm)	-	-	59	-	9	-	27	-	17	-	-	18	72	59	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	

Nota: r – haviam evidências da espécie dentro da área estudada

* Comprimento máximo

TABELA 5.5 – Tempo relativo de hidromorfia encontrado para as áreas em que as espécies estudadas foram observadas, distribuído em ordem decrescente do valor máximo de ocorrência.

Tempo Relativo de hidromorfia (%)	Nenhuma sp. Arbórea	<i>S. commersoniana</i>	<i>E. crista-galli</i>	<i>S. humboldtiana</i>	<i>S. terebinthifolius</i>	<i>V. megapotamica</i>	<i>M. elaeagnoides</i>	<i>L. divaricata</i>	<i>A. angustifolia</i>
máximo	66,7	45,9	42,4	39,5	30,7	23,6	23,2	23,2	14,6
médio	49,2	17,1	22,2	33,5	16,6	14,8	12,0	11,6	7,2
mínimo	20,5	0	11,2	26,5	1,4	0	0	0	0

A despeito desse registro, o pinheiro só foi observado com grande desenvolvimento com 11,2% de tempo relativo máximo, nas porções alçadas da planície. Confirma-se, em parte, o que já havia sido escrito sobre o mesmo, indicado para repor áreas ciliares apenas em locais isentos de inundação (CARVALHO,2003). Pois, se as inundações forem pouco freqüentes e de pequena intensidade, o pinheiro não teria problema de adaptação.

Os maiores diâmetros e valores de importância observados para *L. divaricata*, *M. elaeagnoides* e *V. megapotamica* estão mais relacionados ao estado de conservação dos fragmentos florestais estudados ao longo do rio, do que propriamente à saturação hídrica do solo, sendo necessários maior número de observações para estabelecer uma correlação. Sempre associadas aos ambientes úmidos (CARVALHO, 2003; CARVALHO, no prelo; REITZ *et al.*, 1983; REITZ, 1980), os dados levantados permitem um refinamento muito maior das preferências e limites de saturação hídrica dessas espécies. Ainda assim, também foram encontradas na Formação Rio do Rasto, onde a saturação hídrica é insignificante, provavelmente devido à proximidade do rio e à influência dos propágulos, vindos de montante. Para *V. megapotamica*, ainda é possível rechaçar a informação de TORRES *et al.* (1992) de que poderia ser plantada em solos permanentemente encharcados.

Indivíduos de *S. terebinthifolius* com maior porte só foram observados quando o tempo relativo de hidromorfia do local onde estavam estabelecidos era em torno de 20%, já que aos 30,7 %, tempo máximo, foi representado apenas por árvores pouco desenvolvidas, de 5 metros de altura. Se tais árvores estão com o desenvolvimento prejudicado, um estudo dendrocronológico poderia esclarecer. Tal

comportamento corrobora as afirmações de KAGEYAMA (1992), de que a aroeira suportaria inundações periódicas de curta duração e também propicia uma maior precisão a esta informação.

Percebe-se claramente que *S. humboldtiana* ocorreu unicamente nas barras atuais das superfícies de agradação, a partir da Formação Rio Bonito, por vezes com exclusividade (Formações Irati e Terezina), denotado pelo valor de importância (VI) igual a 300. Além de suportar grande hidromorfia, dentre todas as espécies foi a que se estabeleceu nos locais de menor variação do tempo relativo, restrito entre 39,5 e 26,5%, ratificando a conhecida adaptação da espécie aos meios hidromórficos.

E. crista-galli foi a que teve menor número de registros, apenas três, mas deve-se destacar que o tempo mínimo de hidromorfia foi de 11,2% e que no ponto de máximo (42,4%), apresentava-se como árvore de grande porte, a maior do agrupamento florestal local. Mesmo estando entre as mais tolerantes, não foi possível retratar fielmente a sua disposição na planície, pois foi dada mais ênfase à margem do rio e não ao fundo da planície (bacia de inundação), onde a corticeira-do-banhado costuma ser mais expressiva. Mesmo assim, o levantamento, como foi feito, contraria as informações científicas de que a espécie poderia ser indicada para solos permanentemente encharcados, como indicado por CARVALHO (no prelo).

Conforme citado, *S. commersoniana* esteve presente em quase todas as condições estudadas e prova a sua condição de adaptação demonstrada por vários outros estudos (KLEIN, 1960; CARVALHO, 2003; BARDDAL, 2004a e 2004b). Está ausente apenas em alguns pontos, normalmente interbarras de grande hidromorfia, que tiveram tempo relativo médio de hidromorfia de 49,2%, em que nenhuma espécie arbórea foi capaz de colonizar. Contudo, nota-se que o tempo mínimo de uma das condições em que não se registraram espécies arbóreas foi de 20,5% (interbarra Campo do Tenente). Isto deve ocorrer porque normalmente os locais mais rebaixados da planície, quando proximamente posicionados em relação ao rio, recebem grande deposição de sedimentos, que somados à hidromorfia acentuada, determinariam a pobre cobertura vegetal local. FENNER (1985) afirmou que a germinação das sementes declina rapidamente em maiores profundidades e que, mesmo quando germinadas, as plântulas de algumas espécies por ele testadas não conseguiram emergir quando abaixo de 2 cm da superfície. Nos locais estudados, após os eventos de inundação pouco pronunciados registrados durante o período, foi

observado acúmulo de sedimentos em alguns pontos, situados em grande maioria na agradação. Os mais espessos foram observados na ponta de barra do Complexo G. M. Costeiro e na barra atual e interbarra da Formação Terezina, com 5 cm e 3 cm, respectivamente. Na degradação, os únicos pontos em que se observou sedimentação foi na ombreira do Complexo G. M. Costeiro e na planície da Formação Furnas, ambas com 3 cm de espessura.

Além disso, o sombreamento de muitas das interbarras pelas árvores das barras circunjacentes, somado à hidromorfia e sedimentação, como acontece no Complexo G. M. Costeiro, na Formação Campo do Tenente e Furnas inviabilizam a colonização por qualquer tipo de espécie vegetal. GRIME (1979)¹², citado por HALL e HARCOMBE (1998) já havia sugerido que o efeito da combinação entre pequena intensidade lumínica e inundações freqüentes era muito rigorosa para sustentar o crescimento de plantas em alguns pontos das planícies estudadas por ele. Ademais, a colonização de gramíneas com grande cobertura nos locais melhor iluminados e fortemente saturados hidricamente, tal como acontece nas Formações Irati, Serra Alta e Terezina, também inibem o estabelecimento de árvores em seu meio.

A distribuição das espécies neste capítulo confirma a afirmação de LIEBERMAN *et al.* (1985) de que a maior parte das espécies que suportam desenvolver-se em áreas inundáveis pode ocorrer em locais mais altos, caso de *S. commersoniana* e *E. crista-galli*; contudo, o contrário não ocorre. Concluem os autores que a ausência das espécies de locais mais altos, somada à desproporcional abundância de poucas espécies tolerantes ao alagamento, é que dá a distinta composição florística às áreas mais saturadas hidricamente. Pode-se somar a essa afirmação, também, a distinta fisionomia desses locais.

¹² GRIME, J.P. **Plant strategies and vegetation processes**. Nova Iorque, USA, 1979.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 ARAUCARIA ANGUSTIFOLIA (pinheiro-do-paraná)

Reconhecidamente incapaz de sobreviver em condições de acentuada hidromorfia (REITZ e KLEIN, 1966; LASSERRE, 1972; BOLFONI *et al.*, 1980; CARVALHO, 2003), ficou demonstrado que a germinação de suas sementes não é um empecilho nesse sentido. Desde que encontre substrato melhor drenado, mesmo após passar por 28 dias de inundação, as suas sementes mantiveram-se viáveis. Já em sua fase juvenil, as plântulas se ressentiram fortemente da saturação hídrica plena do solo. Contudo, não foram registrados casos de perecimento, mesmo após 56 dias em água estacionária. Suas sementes armazenadoras podem ser vantajosas em condições ambientais limitantes. A despeito disso, corroborando as observações dos pesquisadores anteriormente citados, no estudo de campo foram registrados pouquíssimos indivíduos, todos eles restritos às áreas mais elevadas de planície, normalmente em solos de boa permeabilidade (FIGURA 6.1). Certamente, contribuiu para que isso acontecesse a grande intervenção antrópica registrada nas áreas de estudo (CURCIO, 2006; BONNET, 2006) e a cobiça que esta árvore sempre despertou aos donos de serrarias. Mas deve-se levar em conta, também, a desvantagem que a espécie leva por ter uma dispersão de sementes barocórica, mamaliocórica (por mamíferos) e em parte ornitocórica (por aves), que pouco favorece a sua migração pelo mosaico vegetacional característico das planícies inundáveis. Transportar áreas alagadas de grandes extensões, como acontece em muitas partes do rio Iguaçu, não deve ser tarefa fácil para a araucária, problema acentuado pela procura intensa do pinhão para alimentação humana. Deve-se levar em conta, ainda, que o pinheiro demonstrou ter uma pequena fixação de raízes quando no estado de plântula e que por isso pode ser arrancado de áreas onde a dinâmica do rio é mais pronunciada, como as feições mais rebaixadas da planície. Além disso, a arquitetura do pinheiro-do-paraná, de crescimento monopodial e grande porte, parece pouco indicada para áreas de substrato fluidal como as adjacências freqüentemente inundáveis dos rios. Provavelmente por isso, não se encontra em campo indivíduos recurvados sobre as drenagens naturais, como ocorre com outras espécies; ao inclinar-se, o tombamento seria inevitável.

6.2 ERYTHRINA CRISTA-GALLI (corticeira-do-banhado)

Provavelmente é a espécie melhor adaptada à saturação hídrica do solo, dentre todas as que foram estudadas. A pronta germinação de suas sementes, o crescimento de suas plântulas em meio hipóxico e inerte e o desenvolvimento similar entre plantas jovens inundadas e não inundadas indicam bem a sua condição de espécie hidrófila. Por formar um *front* de retaguarda da floresta ribeirinha, na transição para as formações campestres higro-hidrófilas do interior da planície (CURCIO, 2006), esteve mal representada no experimento de campo, como anteriormente comentado (FIGURAS 6.2 e 6.3). Mesmo tendo sido registrada com 40,2% de tempo relativo de hidromorfia, a sua capacidade de desenvolvimento nas condições de saturação hídrica deve ter sido realmente subestimada, já que em muitas das áreas onde medra, o lençol freático tende a ser bastante superficial. Nessa condição, trava uma luta desigual com as espécies de ciperáceas e poáceas, que aproveitam muito melhor a luz no processo fotossintético. Uma provável adaptação a essa situação já inicia pela morfologia de sua plântula, fanero-hipógeo-armazenadora, destoante das espécies arbóreas pioneiras, que por excelência têm uma semente fanero-epígeo-foliácea, pronta para fotossintetizar o mais rápido possível. Dessa maneira, ao ser dispersa em seu ambiente preferencial, encontra-se sob luz difusa, ou sob forte sombreamento entre as gramíneas, muitas vezes em ambiente alagado. É preciso, então, um pronto crescimento que lhe permita superar os primeiros centímetros de escuridão e alagamento, propiciando o alcance de uma altura mais favorável, utilizando, para isso, as reservas de suas sementes. Após instalada, como representante das leguminosas, passa a estabelecer associação simbiótica com as bactérias, provavelmente do gênero *Rhizobium*, que propiciam a fixação de nitrogênio. Detalhe importante é que esse mecanismo não foi paralisado com a saturação hídrica do solo, quando as próprias espécies herbáceas também devem sofrer severas limitações de desenvolvimento. Essa forma de adaptação deve ser a mais importante da espécie, pois, segundo vários autores (BLOM *et al*, 1994; CRAWFORD, 1982; KOZLOWSKI, 1997; SOUSA e SODEK, 2002), a falta de oxigênio ocasionado pelo alagamento causa desnitrificação do substrato. Caso semelhante foi descrito por BLOM *et al.* (1994) para a espécie *Rumex palustris*. Os autores afirmam que devido à formação de aerênquima, a planta mantém a oxidação

da rizosfera, que proporciona a atividade de uma população de bactérias nitrificadoras que abastecem a planta com nitrato. Ainda segundo SOUSA e SODEK (*op cit.*), o NO_3^- exerce um efeito benéfico sobre a tolerância radicular à hipoxia em plantas encharcadas, provavelmente por auxiliar na redução da acidificação citoplasmática. No caso de *E. crista-galli*, estudos devem ser feitos para conhecer a fonte do nitrato fixado pelas bactérias, que poderia estar determinando decisivamente na sua distribuição preferencial nas bacias de inundação das planícies.

Mesmo com essa adaptação, nas suas áreas preferenciais de ocorrência em campo, quase sempre formadas por gleissolos de baixa permeabilidade (CURCIO, 2006), a sua densidade é baixa (ao menos nas áreas estudadas). Uma das razões para que isso aconteça certamente provém das limitações do próprio meio, saturado hidricamente em grande parte do ano. Porém, outras razões devem estar relacionadas, como a baixa fecundidade e produção de frutos, que segundo GALETTO *et al.* (2000), seria menor do que 6%, além do forte ataque de insetos às suas sementes. A sua dispersão barocórica também não lhe permite grande locomoção, que poderia ser feita também pela movimentação da água, mas que no ambiente de bacia de inundação, torna-se bem mais restrito ao fundo da planície. Como espécie heliófila, não se desenvolve no interior sombreado dos agrupamentos florestais, fato atestado pela inexistência de sua regeneração no piso da floresta. Quando encontrada em meio às associações arbóreas, ocorre apenas como árvore de grande porte, formadora do estrato superior, a indicar a sua antecedência de estabelecimento, ainda em plena luz, como na degradação da Formação Rio Bonito e na agradação da Formação Irati. Contudo, a sua presença em curvas de degradação é pouco provável, já que normalmente está totalmente ocupada por árvores. Na extremidade da curva de agradação e nas interbarras de meandro, que, por sua hidromorfia e luminosidade, poderiam servir-lhe de habitat, dificilmente é encontrada. A razão provável estaria relacionada à sua arquitetura pouco favorável a manter-se em áreas de grande dinâmica de correnteza e sedimentos, e porque, como foi citado, a sua dispersão nessas porções é dificultada, já que se concentra no fundo das planícies e não tem um dispersor efetivo que a auxilie a ultrapassar a barreira arbórea que a separa das beiradas florestadas do rio. Além disso, a sua rápida germinação dentro da água restringe a sua possibilidade de fixação aos locais de inundação superficial e pouco movimentada (bacia de inundação), pois somente

aí poderia fixar as suas raízes e lançar as folhas sobre o espelho da água, conforme descrito no capítulo referente à inundação dos propágulos.

Ademais de todas as adaptações de que necessita para sobreviver, a corticeira ainda precisa superar as queimadas constantes efetuadas pelos criadores de gado nas planícies. Anualmente, para manter o “capim fresco”, o fogo arde nas bacias de inundação e arredores, e, graças à sua casca suberosa, a corticeira consegue se manter viva. Portanto, mais esse fator poderia estar prejudicando consideravelmente a sua regeneração.

6.3 LUEHEA DIVARICATA (açoita-cavalo)

As leves e aladas sementes de *Luehea divaricata* dispersas pelo vento e flutuantes sobre a água possibilitam a chegada de vetores em praticamente todas as condições das planícies aluviais. Possíveis dificuldades seriam encontradas para a entrada em florestas já formadas, que serviriam como barreira à passagem de suas sementes. Além disso, a sua característica heliófila (REITZ, 1983), declarada desde o momento de sua germinação pelos cotilédones fotossintetizantes (fânero-epígeo-foliáceos) de suas plântulas, não seria adequada para que pudesse se desenvolver sob forte sombreamento. Deve-se ressaltar, também, que ao ser dispersa, seria necessária uma rápida germinação, já que a sua viabilidade diminui com 30 dias em temperatura ambiente (LONGHI, 1995), período certamente menor quando sob intensa luminosidade.

Conforme demonstrado nos experimentos de germinação e crescimento inicial das mudas, os ambientes hidromórficos não parecem ser empecilho para o seu estabelecimento, ainda que no último deles, sobretudo o desenvolvimento de suas raízes tenha sido prejudicado. Esse comportamento corrobora as indicações de CARVALHO (2003), para quem a espécie suporta inundações periódicas de rápida duração e não se desenvolve bem nas áreas continuamente alagadas.

Prova da sua boa adaptação à dinâmica intensa das planícies, é que foi encontrada em praticamente todos os compartimentos estudados, à exceção da Formação Furnas. Certamente a saturação hídrica influencia em seu estabelecimento, já que em campo foi observada apenas em áreas de hidromorfia pequena e média, com no máximo 23,2% de tempo relativo de saturação hídrica. Ao

contrário de *A. angustifolia*, a alteração gerada no entorno imediato do rio Iguaçu nas últimas décadas, pode ter facilitado a sua grande dispersão, uma vez que promoveu a abertura de áreas previamente sombreadas. Além disso, a alteração antrópica vem causando o contínuo soterramento de muitos pontos da planície (CURCIO, 2006), causando a maior edificação de ambientes novos a serem colonizados. É bastante provável, por outro lado, que as características peculiares do compartimento Furnas tenham causado o seu desaparecimento local. Isso porque na superfície de Degradação, a proximidade com a floresta de encosta bem desenvolvida (Floresta Ombrófila Mista Montana) dificultaria a sua dispersão, conforme discutido anteriormente. Ademais, a saturação hídrica da feição de planície, bem como a sedimentação intensa a que está submetida, não permite a colonização de nenhuma espécie vegetal. A superfície de agradação, de sua parte, é coberta, em sua porção mais alçada por uma floresta muito bem desenvolvida, provavelmente uma primária alterada, dominada pelo pinheiro-do-paraná (FIGURA 6.4). Novamente o obstáculo proporcionado por esse agrupamento florestal pode ter influenciado a sua ausência, já que a geomorfologia geral nessa porção, tanto a montante, quanto a jusante, é similar, diminuindo a fonte de propágulos. Portanto, poucas sementes estariam chegando pelo rio, sem condições de acessar a ombreira mais alta da degradação e podendo até acessar a agradação, que, por sua vez, possui forte hidromorfia e colonização já definida por *S. commersoniana* e *S. terebinthifolius*, dificultando o seu estabelecimento.

6.4 MATAYBA ELAEAGNOIDES (miguel-pintado)

Ao contrário do pinheiro-do-paraná, para o qual a menor parte de sua dispersão é ornitocórica, as sementes do miguel-pintado dispersam-se principalmente com a ajuda das aves. Dessa maneira, encontra facilidade de acesso aos mais diferentes pontos das planícies, estando representada em todos os compartimentos estudados. A sua plântula cripto-hipógeo-armazenadora, típica de espécies que crescem bem à sombra, é inicialmente auto-suficiente e deve favorecer bastante essa sua presença marcante. No seu caso, as florestas não são mais barreiras a serem transpostas, e sim nichos a serem colonizados.

Para essa espécie, fica muito evidente a influência da saturação hídrica em sua forma de distribuição, pois mesmo tendo estas facilidades, somente foi encontrada em áreas cuja permanência máxima da hidromorfia foi de 23,2% de tempo relativo, demonstrando maior preferência por porções melhor drenadas. A sua limitação foi muito evidente para a fase de germinação, crucial no estabelecimento de qualquer espécie, e que somente aconteceu em ambiente normalmente oxigenado, diminuindo fortemente com apenas 7 dias de imersão em água e praticamente sendo nula após duas semanas no ambiente aquoso. Mesmo após ter germinado, demonstrou muitas dificuldades de desenvolvimento, sendo a única que teve casos de fenecimento durante o experimento com as mudas. Sua dificuldade de crescimento, conforme maior proximidade do lençol freático, já havia sido identificada por BARDDAL *et al.* (2004a).

Além disso, como foi indicado, o pequeno volume de raízes também deve causar a sua ausência em áreas freqüentemente inundáveis, onde a fixação das plantas passa a ser ainda mais dificultada pela fluidez do substrato. Bem como uma árvore de grande peso, em função do porte que alcança, e, sobretudo, da densidade elevada de sua madeira, tem diminuída a sua chance de se manter nas beiradas do rio, de grande dinamismo, podendo tombar com maior facilidade.

6.5 SALIX HUMBOLDTIANA (salseiro)

De presença marcante em áreas ribeirinhas, não surpreendeu que o salseiro tivesse respondido muito bem ao experimento de inundação, tanto de suas sementes, quanto de suas plantas jovens. Também os indivíduos adultos suportam grande tempo de hidromorfia, conforme estudo de campo. Por essas razões e por dispersar suas minúsculas sementes às centenas de milhares todos os anos, pelo vento e pela água, seria de se esperar que dominassem plenamente as planícies por onde se espalha. Contudo, ao notar a sua distribuição em campo, nota-se que ocorreu exclusivamente nas porções mais externas das curvas de agradação. CURCIO (2006) a aponta como uma árvore típica de formações pioneiras, formando um *front* de avanço (FIGURA 6.5), que vai migrando juntamente com a barra de meandro da agradação, deitada em forma de arco sobre o rio. Em parte, isso se explica pela sua condição de espécie tipicamente heliófila, que não tem condições de

competir com outras espécies em áreas mais florestadas, como as degradações e barras de meandro subatuais. Então, a sedimentação contínua da ponta da barra, formando sempre novo e descoberto substrato, nos denominados Depósitos pelíticos/psamo-pelíticos (CURCIO, *op cit.*), passa a ser seu local preferido. Mas porque não são observados bancos de plântulas e indivíduos jovens em várias fases de desenvolvimento nas extensas curvas estudadas? Em alguns casos poderia se pensar no gado, porém mesmo em áreas isoladas da ação do animal isso pouco ocorre. A melhor resposta parece estar na dificuldade de estabelecimento de suas plântulas, milimétricas quando pequenas, que necessitam de forte e constante umidade, ao menos nos seus primeiros meses de vida, para que possam sobreviver. Exemplo disso foi a dificuldade encontrada de produzir suas mudas, quando foi necessário manter a linha d'água muito próxima da superfície. Assim, até que as suas raízes atinjam uma profundidade tal (provavelmente abaixo de 50 cm da superfície), em que o solo seja suficientemente e continuamente úmido, o seu desenvolvimento depende da manutenção do nível de água nas suas proximidades. Para que isso ocorra, logo após sua dispersão, quando levada e depositada pela água do rio em suas margens, deve ocorrer uma temporada de chuva freqüente, que não encha em demasia o leito, o que poderia causar o arrancamento ou soterramento das sementes e plântulas, e que fosse suficiente, apenas, para não baixar o rio da cota ideal. Certamente que essas condições não são facilmente encontradas, causando a inviabilidade de produções inteiras da espécie.

Na literatura foi possível encontrar situação idêntica para *Salix lasiolepis* (SACCHI e PRICE, 1992), em que os autores afirmam que a umidade, como fator abiótico, também determina fortemente o seu estabelecimento, e que o período crítico de dependência de suas plantas jovens duraria até três anos.

Ainda assim, a ponta de barra de agradação é o local mais provável em que isso aconteça, já que, conforme o estudo de campo, foi a porção em que houve a menor variação de tempo relativo de hidromorfia, sempre com boa saturação do solo. Poderia ainda ocorrer nas franjas da bacia de inundação, no interior da planície, como de fato, em alguns pontos foi observado. Porém, suas minúsculas sementes, que perdem rapidamente o poder germinativo, e suas pequenas plântulas fotossintetizantes (fanero-epígeo-foliáceas) não têm muita chance de sobrevivência em meio à formação campestre, ao contrário do citado para *E. crista-galli*. Além

disso, ocorre uma dispersão muito mais acentuada nas proximidades das árvores matrizes de beira rio, inclusive pela mais longa viabilidade promovida pela água às plântulas recém-germinadas e uma dificuldade imensa de alcançar o interior da planície, em que as florestas das barras subatuais servem de obstáculo.

A explicação para ocorrer apenas a partir da formação rio Bonito pode ser encontrada com detalhes no trabalho de CURCIO (*op cit.*), para o qual a dinâmica diferenciada de sedimentação das barras alçadas e arenosas das formações Campo do Tenente/Mafra e Rio do Sul inviabilizariam a sua subida pelo rio, até o complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro. Isso foi apenas reforçado por este estudo, já que nas formações Mafra/Rio do Sul (17,2% de tempo relativo de hidromorfia) e principalmente Campo do Tenente (2% de tempo relativo de hidromorfia), a drenagem muito rápida da barra de agradação dificultaria sobremaneira o seu desenvolvimento, a ponto de impedir o seu estabelecimento. Também é uma espécie que apresenta grande rusticidade, como se nota pelas FIGURAS (6.6 e 6.7), em que se apresenta muito danificada, mas ainda assim permanece viva.

6.6 SCHINUS TEREBINTHIFOLIUS (aroeira)

É espécie reconhecidamente adaptada a variadas condições ambientais, com ocorrência do litoral paranaense ao rio Paraná, por vezes em altitude que chegam a 2000m s.n.m. (CARVALHO, 2003). Possui grande rusticidade, denotada pelo seu caráter heliófilo e bom desenvolvimento mesmo sob luz difusa (INOUE e GALVÃO, 1986). Ademais, sua intensa produção de sementes, aliada ao largo período de dispersão em que as aves servem de vetor principal, bem como a sua elevada germinação, seriam componentes suficientes para assegurar uma presença constante ao longo do rio Iguaçu. Porém, esteve ausente em metade dos compartimentos estudados e sua distribuição não apresentou nenhuma relação com o modelado geral das formações e nem com a condição de conservação dos fragmentos florestais estudados. Parte disso, sem dúvida, se deve ao fato de não suportar níveis muito intensos de hidromorfia, como já havia sido assinalado por KAGEYAMA (1992), argumento reforçado pela grave redução de sua germinação após quatro semanas em água, como foi observado. Contudo, a tolerância apresentada no experimento com as plantas jovens e o período relativo máximo de

hidromorfia (30,7%) registrado em campo, são indicativos suficientes da sua possibilidade de estabelecimento na grande maioria das condições de planície estudadas. O tombamento causado pelo atrofiamento de sua base e raízes principais em ambiente hipóxico sugere, apenas, dificuldade de instalação nas porções mais hidromórficas e dinâmicas das planícies, como encontrado sobretudo nas curvas de agradação de pequena elevação. Mas ainda assim, na agradação do Complexo Migmatítico Costeiro, por exemplo, ela estava representada.

Percebe-se, assim, que seria outro o fator preponderante para a sua pequena frequência. A resposta mais provável seria, mais uma vez, a falta de matrizes da espécie, devido a forte exploração dos recursos madeireiros ao longo do rio Iguaçu. A aroeira sempre foi muito procurada por servir como mourão de cerca ou lenha (CARVALHO, *op. cit.*), uso atestado também pelos colonos da região de estudo e reforçado pela ausência de indivíduos de grande porte nos pontos percorridos.

6.7 SEBASTIANA COMMERSONIANA (branquilha)

O branquilha possui soberania tão ampla nas planícies do rio Iguaçu, que este ambiente poderia mesmo ser considerado o seu reino. Com exceção da extremidade das pontas de barra de agradação a jusante da formação Rio Bonito, onde o salseiro é mais importante, e em algumas interbarras de hidromorfia e/ou sedimentação muito acentuadas (FIGURA 6.8), nas demais condições o branquilha domina amplamente. Destaca-se observação feita por CURCIO (2006), de que o branquilha somente tem condições de estabelecimento em áreas cujo horizonte superficial "A" está formado, cedendo a primazia para o salseiro nos Depósitos pelíticos/psamo-pelíticos, que não se caracterizam ainda como solos. Tal competência colonizadora se inicia pela sua capacidade de germinação, pois, conforme observado no experimento, parte dos seus propágulos germinaram dentro da água e parte germinou após ser colocada em um substrato melhor drenado. Conforme discutido, isso lhe confere a possibilidade de estabelecimento em variadas condições de inundação. As suas plântulas também suportaram bem o experimento de alagamento em água estacionária, considerando a sua interação entre estratégias morfoanatômicas e metabólicas de sobrevivência (KOLB *et al.*, 1998), devendo se

sair ainda melhor quando em água corrente, como na beirada dos rios, onde abunda. Além do mais, como espécie heliófila, tem capacidade de colonizar ambientes abertos recém-formados naturalmente (com as limitações antes descritas), ou antropicamente. Assim, a intervenção humana, com aberturas feitas para a extração da madeira em grande parte da planície do rio Iguaçu, pode ter sido decisiva para acentuar ainda mais a sua profusão. Deve-se ressaltar, também, que ao contrário da maioria das espécies pioneiras, o branquilha consegue sobreviver sob luz difusa, principalmente nas bordas dos fragmentos ribeirinhos. Nas associações em que forma o dossel contínuo da floresta, pode ser observado no sub-bosque (BARDDAL *et al.*, 2004a), quando a dureza de sua madeira e o estreitamento de seus anéis de crescimento denotam sua dificuldade de desenvolvimento. É interessante lembrar que a sua caducifolia, bem como a de muitas outras espécies que crescem neste ambiente, sobretudo quando expostas ao sol no estrato superior, devem providenciar um aumento efetivo de luz no interior da floresta por um longo período, auxiliando às espécies que necessitam de maior radiação solar. Outro fator que pesa ao seu favor, é a enorme quantidade de sementes produzidas anualmente, dispersas por uma combinação dos agentes água, peixes e auto-impulsão, que podem alçá-la a literalmente qualquer lugar da planície.

Além disso, a sua plasticidade ficou clara ao ser encontrada em áreas de boa drenagem (0% de tempo relativo de hidromorfia) e em áreas de forte saturação hídrica (45,9% de tempo relativo de hidromorfia). Se bem que a sua preferência por áreas mais hidromórficas tenha ficado evidenciada pelo aumento do valor de importância quando aumentava, também, a umidade do ambiente. Outra característica admirável do branquilha é a sua rusticidade, demonstrada sobretudo nas superfícies de degradação, em que parte significativa das suas raízes estão danificadas ou expostas e sua inclinação acentuada em direção ao rio, mas ainda assim a árvore não só se mantém viva, como frutificando. Como parte disso, também, é importante a sua forte rebrotação após corte, que lhe facultaria maior rapidez de recolonização em ambientes muito antropizados ou sujeitos a esforços, como no caso das épocas de inundação. Ressalta-se que *S. commersoniana* não consegue colonizar com a mesma perícia de *S. humboldtiana*, as extremidades das agradação de migração rápida, mesmo que essas áreas tenham um nível de hidromorfia compatível com a sua capacidade de adaptação. Isso deve decorrer da

dificuldade apresentada pela espécie para fixar-se em substratos muito fluidais quando jovem, conforme comprovado pelos experimentos, devido ao pequeno volume de suas raízes nesta fase. Em campo, *S. humboldtiana*, após promover a desaceleração da corrente de água nesses pontos e conseqüentemente providenciar maior sedimentação local, passa a ser secundada por *S. commersoniana* (FIGURA 6.5). O arcamento das árvores de *S. humboldtiana* estaria relacionado à extrema fluidez do solo quando em épocas de cheias e também à pressão feita por *S. commersoniana* que vem logo atrás, forçando a primeira a buscar luz somente na direção do rio. Finalmente, deve-se salientar que a madeira do branquilha não é considerada nobre, ou financeiramente interessante, a não ser para uso como lenha, o que poderia ter amenizado a sua exploração. Ainda que, conforme informações históricas, entre 1882 e 1953, quando da navegação por vapores no trecho entre Porto Amazonas e União da Vitória, os branquinhos dessa região tenham sido arrasados para servir como combustível. Aí novamente entraria a questão de sua rápida recuperação, seja por rebrotamento ou por sementes vindas aos milhares de montante, da região do Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro.

6.8 VITEX MEGAPOTAMICA (tarumã)

A resistência da madeira do tarumã às intempéries, sua utilização variada (CARVALHO, no prelo) e a fama de seus mourões suportarem décadas em contato com o solo sem apodrecer, fizeram-no sempre visado. Das árvores comuns nas planícies inundáveis, talvez seja a que foi mais explorada comercialmente, não por acaso que os maiores indivíduos observados tenham sido encontrados nos agrupamento florestais melhor conservados. Durante os experimentos, demonstrou certa dificuldade de germinação e desenvolvimento, sobretudo das raízes, em períodos muito longos de inundação. Tanto que, em campo, deu preferência absoluta para áreas medianamente hidromórficas (com média de 14,8% de tempo relativo). Ainda assim, por ter dispersão facilitada pelo trabalho de vários tipos de animais e pela própria água, o tarumã teria possibilidade de ser encontrado em todos os compartimentos, ao menos nas superfícies pouco mais alçadas (FIGURA 6.1 e 6.4) . Suas estratégias de crescimento na beirada dos rios, moldando a forma de sua copa a fim de manter-se equilibrada, mesmo com as constantes deposições e retiradas de

sedimentos e o efetivo rebrotar de suas raízes expostas pela erosão, demonstram a sua adaptação ao meio onde vive e o indicam para auxiliar na estabilização de taludes fluviais. Um fator que se demonstrou limitante à sua disseminação, foi a variação anual acentuada da viabilidade de suas sementes. Com isso, a grande quantidade de frutos que produz não seria garantia absoluta da formação do mesmo número de descendentes. A morfologia de suas plântulas indica também a necessidade de luz para seu desenvolvimento inicial, podendo suportar leve sombreamento (CARVALHO, no prelo). Mas como grandes áreas iluminadas são constantes nas planícies, considerando a dinâmica local e o mosaico de comunidades campestres e arbóreas que lhes são característicos, essa morfologia se reveste de grande vantagem. Contudo, o seu lento crescimento ($1,70 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ – CARVALHO, no prelo) pode estar dificultando a sua recolonização, já que tem de competir com espécies também heliófilas de desenvolvimento mais rápido, como *S. commersoniana* ($2,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ – CARVALHO, 2003), *L. divaricata* ($7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ – CARVALHO, 2003), *S. terebinthifolius* (4 a $12 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ – CARVALHO, 2003), *A. angustifolia* (12 a $18 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ – CARVALHO, 2003), entre outras.

Ao chegar ao final dessas discussões, é interessante ressaltar que das 8 espécies estudadas, 5 delas (*E. crista-galli*, *L. divaricata*, *S. humboldtiana*, *S. commersoniana* e *V. megapotamica*) apresentam deciduidade, uma característica xeromórfica, a princípio contraditória para espécies que vivem em ambientes alagados. Além disso, muito da morfologia de *A. angustifolia*, como forma e composição das folhas, além da suberosidade de sua casca, a remete para formas de ambientes secos. Também *S. terebinthifolius* e *M. elaeagnoides* parecem suportar áreas de pobre umidade, pois são encontradas nas formações pioneiras de restinga e mesmo no cerrado (CARVALHO, 2003; CARVALHO, no prelo). Segundo LUGO *et al.* (1990), é comum observar características xeromórficas em plantas que vivem em áreas úmidas como as planícies. Isso se deve aos longos períodos sem chuva, em que o lençol freático torna-se indisponível às raízes. Problema acentuado pelo próprio enraizamento superficial dessas espécies, que convivem por grande parte do tempo com a água subterrânea a poucos centímetros de profundidade. De acordo com o autor, seria a condição ambiental severa e não média do ambiente, que selecionaria as características das espécies. Assim, sem plasticidade genética para desenvolver raízes com a rapidez suficiente para alcançar a água, ainda mais em

áreas arenosas de drenagem muito rápida, a única estratégia que sobra é a adaptação através de mecanismos que diminuam a perda de água para o ambiente.

6.9 GENERALIDADES

Fica evidenciado com o desenrolar do trabalho, considerando todas as discussões feitas em torno das características auto-ecológicas de cada uma das espécies, nas diferentes fases de desenvolvimento, que a saturação hídrica do ambiente influencia na sua distribuição nas planícies estudadas (ver FIGURA 6.9). Em maior ou menor grau, a hidromorfia das feições estudadas seleciona as espécies melhores adaptadas, a ponto de impedir o estabelecimento de árvores em alguns pontos, ou mesmo de qualquer espécie vegetal em outros. Muito embora seja o fator preponderante, não ocorre isoladamente, sendo a sedimentação e o grau de luminosidade, outros fatores abióticos importantes a serem considerados.

Uma característica interessante, além da xeromorfia apresentada, é que a maior parte das espécies possui rusticidade suficiente para conviver com o dinamismo local e com os atos de vandalismo dos “pescadores” que transitam pela beirada dos rios.

Ao levar em consideração a interação de fatores que foram levantados, aproxima-se do conhecimento básico necessário para que se possa compreender as condições ideais de desenvolvimento das espécies nativas. Sem eles, qualquer projeto de reconstituição de ambientes naturais, ou qualquer tentativa de plantios comerciais, tornam-se inconsistentes e mal sucedidos como muitos projetos feitos no passado. De lá para cá, as espécies nativas passaram a ser relegadas a um plano inferior na silvicultura, ou mesmo na cultura brasileira, somente porque não se compreende, ainda, a sua complexidade auto-ecológica e suas estreitas relações com o ambiente físico, que lhe serve de habitat. O resgate da valorização das espécies nativas, pode deixar de ser uma ilusão ao saber plantar a espécie certa, no local adequado, ajuntando-se a isso um bom melhoramento genético que “retifique” algumas características indesejáveis. Um programa de governo que apoiasse essa alternativa poderia trazer conseqüências sócio-ambientais muito benéficas para o Estado do Paraná, que poderia voltar a ser grande produtor de madeiras, muito mais nobres do que as que se vendem hoje no mercado interno. Além disso, certamente

ajudaria a conter as drenagens feitas em áreas de planícies, conter as correções exageradas de solo, assim como a pastagem e plantio de grãos que recobrem irregularmente as planícies dos rios, como do Iguazu.

Obviamente que se necessita compreender ainda muitos outros detalhes sobre as espécies estudadas, para as quais sugere-se estudos futuros que possam contemplar:

- a diferença de germinação e desenvolvimento de mudas em água corrente e estacionária;
- o comportamento germinativo sob diferentes profundidades e granulometrias de solo;
- a análise do comportamento das mudas por períodos mais longos de inundação e em condições ambientais idênticas, além do comportamento das mesmas em diferentes tipos de solo;
- o estabelecimento de plantios em campo, em um gradiente de umidade, com controle do lençol freático;
- estudos dendrocronológicos, por sua vez, são essenciais para determinar a taxa de crescimento das espécies em períodos de maior ou menor hidromorfia, auxiliando no entendimento do comportamento das mesmas e das estratégias que se utilizam para sobreviver. Inclusive, a investigação mais aprofundada de formas de crescimento após soterramentos, poderia trazer informações valiosas;
- aprofundar o conhecimento sobre a fixação de carbono de *E. crista-galli*, relacionada à sua preferência de estabelecimento na planície;
- acompanhar o crescimento radicular das espécies ao longo dos anos, sob diferentes profundidades do lençol freático.



FIGURA 6.1 – Dique marginal alçado, típico da formação Rio do Rasto, com a presença de *A. angustifolia*.

FIGURA 6.2 – bacia de inundação com a colonização por entre as herbáceas de *E. crista-galli* (em floração).



FIGURA 6.3 – Bacia de inundação, nos fundos da planície, onde se observa o front de *E. crista-galli*.



FIGURA 6.4 – Planície característica da Formação Furnas, com a presença de floresta bastante diversificada.



FIGURA 6.5 – Front de agradação com *S. humboldtiana* (direita), interbarra e front de



FIGURA 6.6 – A rusticidade de *S. humboldtiana*, que mesmo quebrado ainda

Sebastiania commersoniana em seguida emite ramificação.
(Formação Palermo).

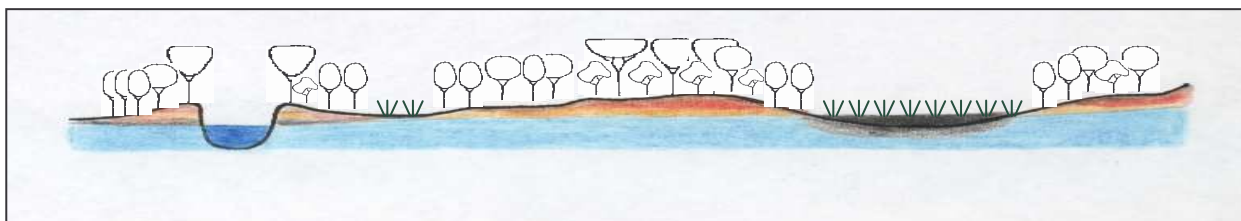


FIGURA 6.7 – O mesmo trecho da figura anterior, em momento de alagamento superficial.



FIGURA 6.8 – Interbarra na agradação do C. Gnáissico Migmatítico Costeiro.

FIGURA 6.9 - Perfil esquemático da planície do rio Iguazu, com a representação da cobertura vegetal característica. A diversidade de copas indica a diversidade florística.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACKES, P.; IRGANG, B. **Árvores do Sul – Guia de identificação e interesse ecológico**. Porto Alegre: Ed. Instituto Souza Cruz, 2002. 325p.
- BARDDAL, M.L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G.R. Fitossociologia do sub-bosque de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial, no município de Araucária, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 35-45, 2004a.
- BARDDAL, M.L.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; CURCIO, G.R. Caracterização florística e fitossociológica de um trecho sazonalmente inundável de floresta aluvial, em Araucária, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 37-50, 2004b.
- BLOM, C.W.M. *et al.* Physiological ecology of riverside species: adaptative responses of plants to submergence. **Annals os Botany**. n. 74, p. 253-263, 1994
- BOLFONI, D.; GALVÃO, F.; DURLO, M. A. **Influência da profundidade do lençol freático no crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.** IV Congresso Florestal Estadual, Nova Prata – RS. 1980. 12 p.
- BONNET, A. **Caracterização fitossociológica das bromeliáceas epifíticas e suas relações com os fatores geomorfológicos e pedológicos da planície do rio Iguaçu, PR, Brasil.** Curitiba, 2006. 350 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- BRINSON, M. M. Riverine Forests. In: LUGO, A.E.; BROWN, S.; BRINSON, M.M. **Ecosystems of the World, Forested Wetlands**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1990. p. 85-134.
- CARPANEZZI, A.A; TAVARES, F.R.; SOUSA, V.A. Estaquia de corticeira-do-banhado (*Erythrina crista-galli* L.). Colombo, PR: Embrapa, **Comunicado Técnico**, n. 64, p. 1-6, 2001.
- CARVALHO, P.E.R. Competição entre espécies florestais nativas em Irati - PR, cinco anos após o plantio. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 2, p. 41-56, 1981.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**, v. 1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies arbóreas brasileiras**, v. 2. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, no prelo.
- CASANOVA, M.T. e BROCK, M.A. How do depth, duration and frequency of flooding influence the establishment of wetland plant communities? **Plant Ecology**. Holanda, v. 147, p.237-250, 2000.
- COLLET, D. **Modeling binary data**. London: Chapman and Hall , 1991. 369p.
- CRAWFORD, R.M.M. Physiological responses to flooding. In: **Encyclopedia of plant physiology**. Berlin: Springer Verlag, 1982. p. 453-477.
- CURCIO, G. R. **Relações entre geomorfologia, pedologia e fitossociologia, nas planícies fluviais do rio Iguaçu, PR, Brasil.** Curitiba, 2006. 500 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

DAVANSO, V.M.; MEDRI, M.E.; PIMENTA, J.A.; BIANCHINI, E. Photosynthesis, growth and development of *Tabebuia avellaneda* Lor. Ex Griseb (Bignoniaceae) in flooded soil. **Brazilian archives of biology and technology**, Curitiba, v.45, n.3, p.375-384, 2002.

DUARTE, L.S.; DILLENBURG, L.R.; ROSA, L.M.G. Assessing the role of light availability in the regeneration of *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae). **Australian Journal of Botany**, v. 50, n.6, p. 741-751, 2002.

EMBRAPA - CNPS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Serviço de produção da informação, Rio de Janeiro: CNPS, 1999. 412p.

FENNER, M. **Seed ecology**. Outline studies in ecology. Nova Iorque: Chapman and Hall., 1985, 151 p.

FERREIRA, A.B.H. **Minidicionário da língua portuguesa**. Rio de Janeiro, 2ª edição, 1988. 536p.

FERREIRA, J.N.; RIBEIRO, J.F.; FONSECA, C.E.L. Crescimento inicial de *Piptadenia gonoacantha* (Leguminosae, Mimosoideae) sob inundação em diferentes níveis de luminosidade. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v. 24, n. 4, p. 561-566, 2001.

FIGUEIREDO FILHO, A.; HUBIE, S.R.; SCHAAF, L.B.; FIGUEIREDO, D.J.; SANQUETTA, C.R. Avaliação do incremento em diâmetro com o uso de cintas dendrométricas em algumas espécies de uma Floresta Ombrófila Mista localizada no sul do estado do Paraná. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. Irati, v. 5, n. 1, p.69-84, 2003.

FINEP-UFPR **Plano básico de estudos de sementes e mudas de essências florestais nativas**. Curitiba, 1981. 125p.

FLEIG, M.; REITZ, R. M. **Anacardiáceas**. In: Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1989. 28p.

FRANÇA, V. de. **Caracterização de uma área crítica através da análise de frequências das inundações na bacia hidrográfica do médio Iguçu**. Presidente Prudente/SP, 1993. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.

GALETTO, L.; BERNARDELLO, G.; ISELE, I.C.; VESPRINI, J.; SPERONI, G.; BERDUC, A. Reproductive biology of *Erythrina crista-galli* (Fabaceae). **Ann. Missouri Bot. Gard.**, v. 87, n.2, p.127-145, 2000.

GILL, C.J. The flooding tolerance of wood species – a review. **Forestry Abstracts**. Inglaterra, v. 31, n.4, p. 671-688, 1970

GURNELL, A. The hydrological e geomorphological significance of forested floodplains. **Global Ecology and Biogeography Letters**. Oxford, v. 6, n. 3-4, p. 219-229, 1997.

HAENE, E.; APARICIO, G. **100 Árboles argentinos**. Argentina: Albatros, 2001

HALL, R.B.W. e P.A. HARCUMBE. Flooding alters apparent position of flooding saplings on a light gradient. **Ecology**, v.79, n. 3, p. 847-855, 1998.

HOOKE, D.D. Adaptations to flooding with fresh water. In: KOZLOWSKI, T.T. **Flooding and plant growth**. Academic Press Inc., London, p.265-294, 1984.

IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, Série **Manuais Técnicos em Geociências**, n.1. 1992. 92p.

INOUE, M.T.; GALVÃO, F. Desempenho assimilatório de *Mimosa scabrella*, *Peltophorum dubium*, *Schinus terebinthifolius* e *Matayba elaeagnoides*, em dependência da intensidade luminosa. **Acta Forestalia Brasiliensis**, Curitiba: n.1, p. 89 –98, 1986.

ISSG. **Invasive Species Specialist Group**. Disponível em <<http://www.issg.org/database/>> Acesso em: 04 ago. 2005.

JOLY, C.A.; CRAWFORD, R.M.M. Variation in tolerance and metabolic responses to flooding in some tropical trees. **Journal of Experimental Botany**, v.33, n. 135, p. 799-809, 1982.

JOLY, C.A. Flooding tolerance: a reinterpretation of Crawford's metabolic theory. **Royal society of Edinburgh.**, 102B, p.343-354, 1994.

KITAJIMA, K.; FENNER, M. Ecology of seedling regeneration. In: Fenner, M. **Seeds, the ecology of regeneration in plant communities**. 2° ed. CAB International, 2000. p. 331-359.

KLEIN, R.M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas para acompanhar a planta fitogeográfica do Município de Curitiba e arredores – Paraná. **Bol. Univ. do Paraná. Geografia física**, Curitiba, n° 4, 29p, 1962.

KOLB, R.M.; MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A.; GILONI, P.C.; CORREA, G.T. Anatomia ecológica de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae) submetida ao alagamento. **Revta. Bras. Bot.**, São Paulo, v.21, n.3, p.305-312, 1998

KOZLOWSKI, T.T. Responses of wood plants to flooding. In: KOZLOWSKI, T.T. **Flooding and plant growth**. 1984. Academic Press, Inc. London p.129-163.

KOZLOWSKI, T.T. Responses of woody plants to flooding and salinity. **Tree Physiology Monograph**. Canada, n.1, 1997. Disponível em <<http://www.heronpublishing.com/tp/monograph/kozlowski.pdf>>. Acessado em outubro de 2005.

KUHLMANN, M. As madeiras nacionais na paz ou na guerra: açoita cavalo, *Luehea divaricata* Mart. e espécies afins. Separata de: **Relatório Anual do Instituto de Botânica**, São Paulo, 65p., 1944.

LASSERRE, S.R.; VAIRETTI, M. LASSERRE, E.N.E. Crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze, em distintos tipos de suelos de Puerto Piray, Misiones. **IDIA**, n.7, p.36-45, 1972.

LEITE, P.F.; KLEIN, R.M. Vegetação. In: IBGE. **Geografia do Brasil - Região Sul**. Rio de Janeiro: Diretoria de Geociências, 1990. p. 113-187.

LENZI, M.; ORTH, A.I. Caracterização funcional do sistema reprodutivo da aroeira-vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), em Florianópolis – SC, Brasil. **Rev. Bras. Frutic.** Jaboticabal – SP, v. 26, n. 2, p.198-201, 2004.

LIEBERMAN, M.; LIEBERMAN, D.; HARTSHORN, G.S.; PERALTA, R. Small-scale altitudinal variation in lowland wet tropical forest vegetation. **Journal of Ecology**. n.73, p. 505-516, 1985.

LOBO, P.C. e JOLY, C.A. Ecofisiologia da germinação de sementes de *Talauma ovata* St. Hil. (Magnoliaceae), uma espécie típica de matas de brejo. **Revista Brasileira de Botânica**. São Paulo, v.19, n. 1, p. 35-40. 1996.

LOBO, P.C. e JOLY, C.A. Aspectos ecofisiológicos da vegetação de mata ciliar do sudeste do Brasil. In: Rodrigues, R.R. e Leitão-Filho, H. F. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2000. p.143-157.

LONGHI, A. **Livro das árvores: árvores e arvoretas do sul**. Porto Alegre: L&PM, 1995. 174p.

LOPEZ, J. A.; LITTLE JUNIOR, E.L.; RITZ, G.F.; ROMBOLD, J.S.; HAHN, W.J. **Arboles comunes del Paraguay: mande yvyra mata kuera**. Washington: Cuerpo de Paz, 1987. 425p.

LUGO, A.E. Concepts in Wetland Ecology. In: LUGO, A.E.; BROWN, S.; BRINSON, M.M. **Ecosystems of the World, Forested Wetlands**. Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1990. p. 53-79.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná, 3ª Edição**. Curitiba, BADEP/UFPR/IBPT, 2002.

MARQUES, M.C.M.; PIMENTA, J.A.; COLLI, S. Aspectos do metabolismo e da morfologia de *Cedrella fissilis* Vell. e *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Bren. submetidas a diferentes regimes hídricos. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. Curitiba, v.39, n.2, p. 385-392, 1996

MAYER, A.M.; POLJAKOFF-MAYBER, A. **The germination of seeds**. 2 ed. Inglaterra: Pergamon Press, 1978.

McCULLAGH, P.; NELDER, J.A. **Generalized linear models**. 2ed. London: Chapman and Hall, 1989. 511p.

MEDRI, M.E.; CORREA, M.A. Aspectos histológicos e bioquímicos de *Joannesia principis* e *Spathodea campanulata*, crescendo em solos na capacidade de campo, encharcado e alagado. **Semina**. Londrina, V. 6, n. 3, p. 147-154, 1985.

MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; PIMENTA, J.A.; COLLI, S.; MULLER, C. Estudos sobre a tolerância ao alagamento em espécies arbóreas nativas da bacia do rio Tibagi. In: MEDRI, M.E.; BIANCHINI, E.; SHIBATTA, O.A.; PIMENTA, J.A. **A bacia do rio Tibagi**. Londrina: 2002. p. 133-172.

MINEROPAR (Minerais do Paraná S.A.) **Atlas geológico do estado do Paraná**. Curitiba, 2001. 106 f. Em CD ROM.

NIMER. Clima. In: **Geografia do Brasil - Região Sul. v.2**. IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, 1990. p. 29-53.

RACHWAL, M.F.G.; CURCIO, G.R.; SOUZA, B.D. Recuperação de floresta ciliar aos 3 anos de idade em ambiente de cabeceira de drenagem, sobre cambissolo húmico gleico, em Campo do Tenente – PR. **Pesquisa em Andamento**. EMBRAPA, Colombo: n. 91, p.1-5, 2000.

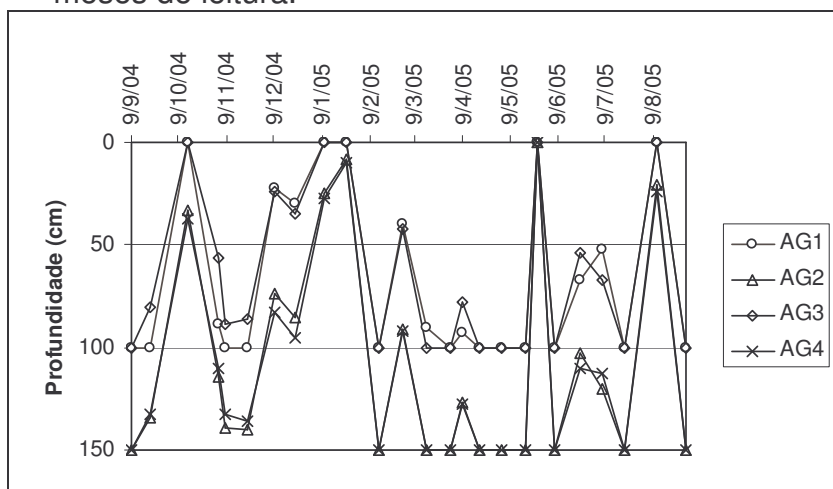
REITZ, R.; KLEIN, R.M. **Araucariaceae**. In: Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1966. 29p.

REITZ, R. **Sapindáceas**. In: Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1980. 156p.

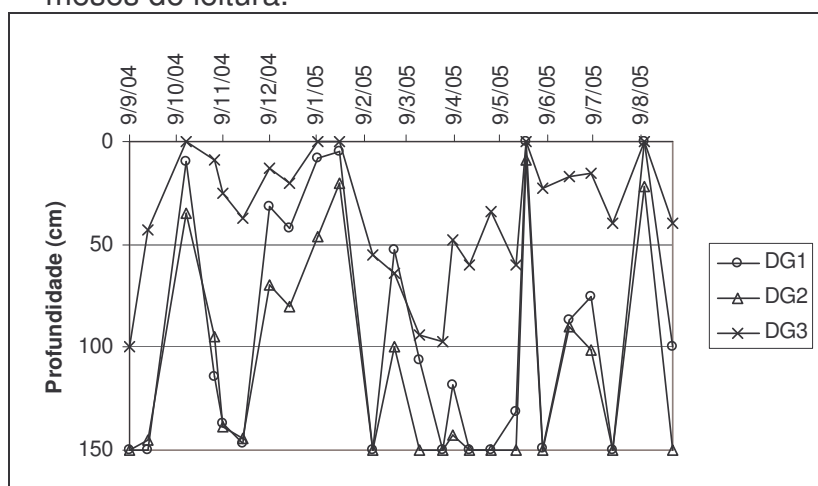
- REITZ, R. **Salicáceas**. In: Flora Ilustrada Catarinense. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, p. 04-12, 1983.
- RESSEL, K.; GUILHERME, F.A.G.; SCHIAVINI, I.; OLIVEIRA, P.E. Ecologia morfofuncional de plântulas de espécies arbóreas da Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais. **Revista Brasil. Bot.** São Paulo, v. 27, n. 2, p. 311-323, 2004.
- RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**. Manual de dendrologia brasileira. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1978.
- RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S. As regiões fitogeográficas do Estado do Paraná. **Acta Forestalia Brasiliensis**. Curitiba, 1993.
- ROGGE, G.D.; PIMENTA, J.A.; BIANCHINI, E.; MEDRI, M.E.; COLLI, S.; ALVES, L.T. Metabolismo respiratório de raízes de espécies arbóreas tropicais submetidas à inundação. **Revta. Bras. Bot.** São Paulo, v.21, n.2, p.153-158, 1998.
- SCHNITZLER, A. River dynamics as a forest process: interaction between fluvial systems and alluvial forests in large european river plains. **The Botanical Review**, New York, v. 63, n. 1, p. 40-64, 1997.
- SEITZ, R.A. A regeneração de *Araucaria angustifolia*. **Congresso Nacional Sobre Essências Nativas**. Campos do Jordão, 1982, 8p.
- SOUSA, C.A.F. e SODEK, L. The metabolic response of plants to oxygen deficiency. **Brazilian J. Plant Physiology**, v.14, n.2, p.83-94, 2002.
- STELL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. New York: MacGraw-Hill, 1980. 633 p.
- TORRES, R.B.; MATTHES, L.A.F.; RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H.F. Espécies florestais nativas para plantio em áreas de brejo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 44, n. 1/3, p. 13-16, 1992.
- TOWNSEND, P.A. Relationships between vegetation patterns and hydroperiod on the Roanoke River floodplain, North Carolina. **Plant Ecology**. Holanda, v. 156, p.43-58, 2001.
- VÁLIO, I.F.M. Seedling growth of understory species of a southeast Brazilian tropical forest. **Braz. Arch. Biol. Technol.**, Curitiba, v.46, n. 4, p. 697-703, 2003.
- VAN der VALK, A.G. Sucession in Wetlands: a Gleasonion approach. **Ecology** n° 62, p. 688-696, 1981.
- VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.R. e LIMA, J. A. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

APÊNDICES

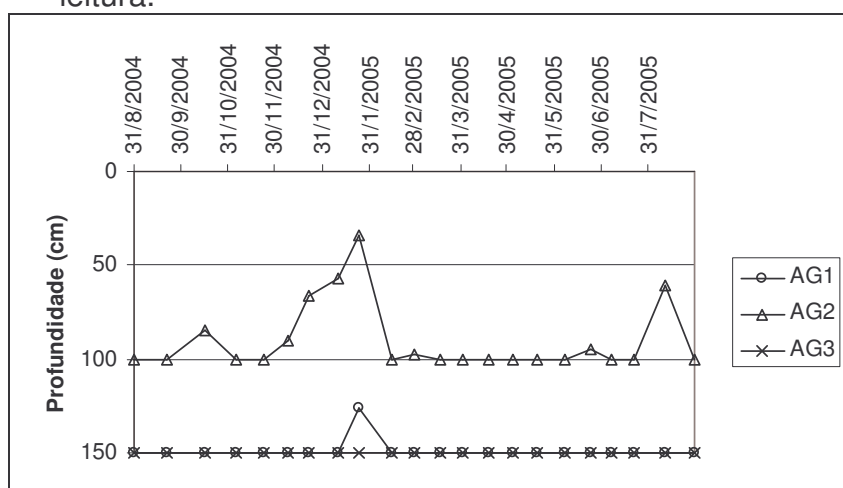
APÊNDICE 1 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação do Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro durante 12 meses de leitura.



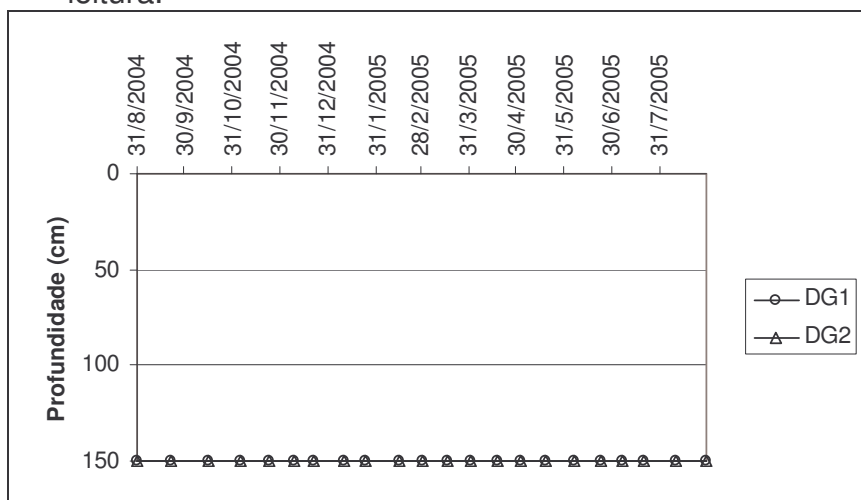
APÊNDICE 2 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação do Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro durante 12 meses de leitura.



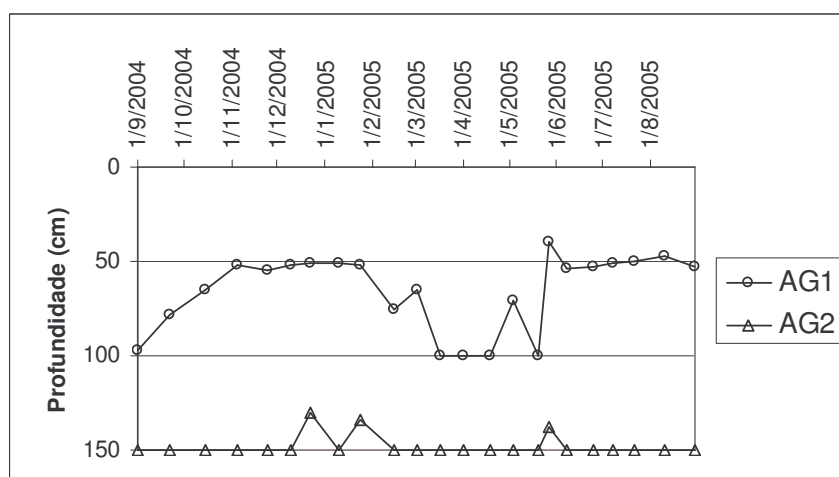
APÊNDICE 3 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação da Formação Campo do Tenente durante 12 meses de leitura.



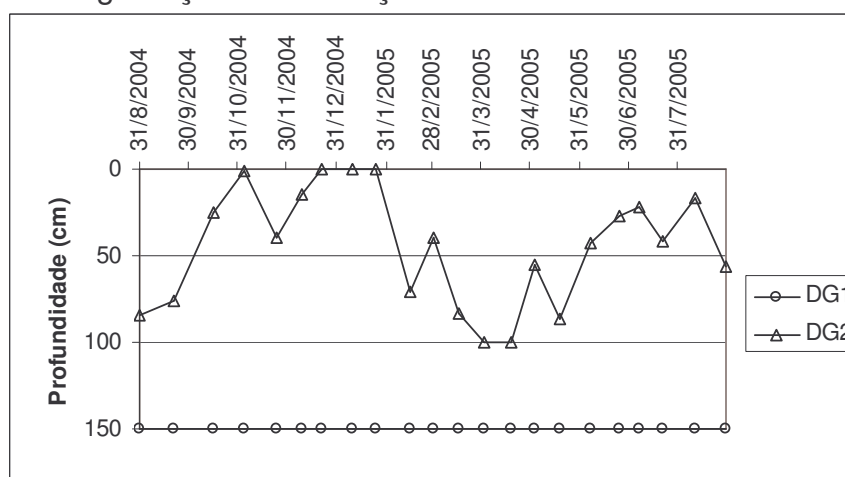
APÊNDICE 4 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Campo do Tenente durante 12 meses de leitura.



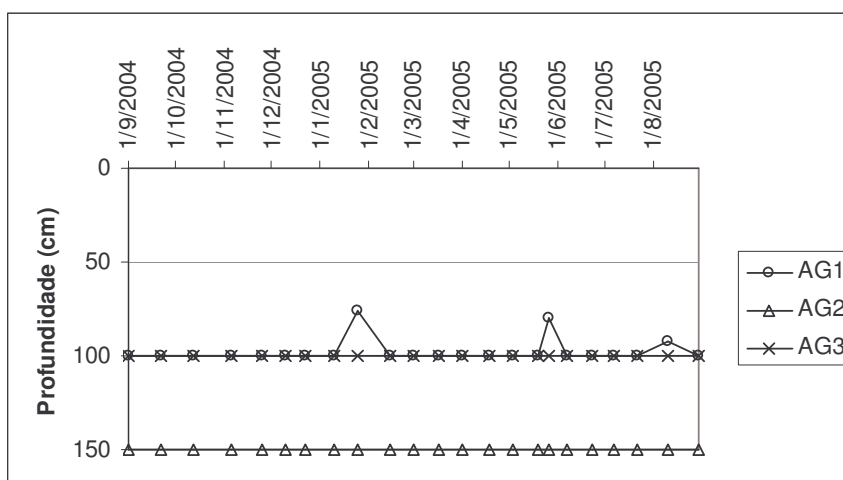
APÊNDICE 5 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agração da Formação Furnas durante 12 meses de leitura.



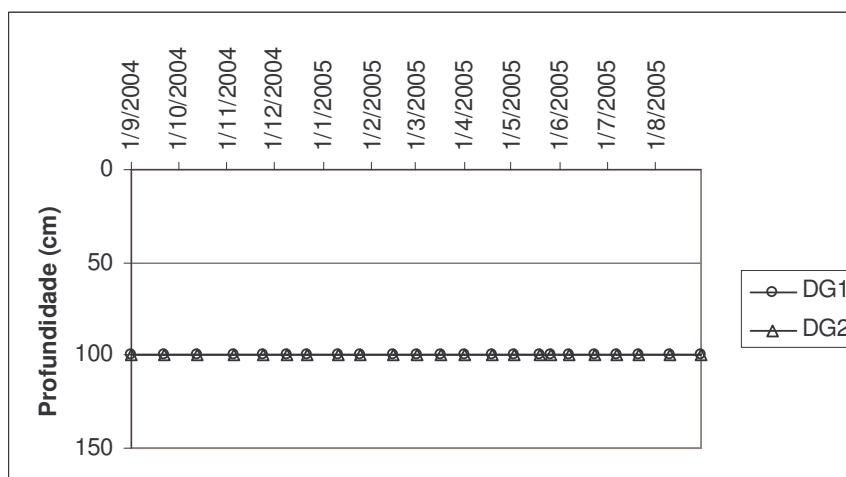
APÊNDICE 6 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Furnas durante 12 meses de leitura.



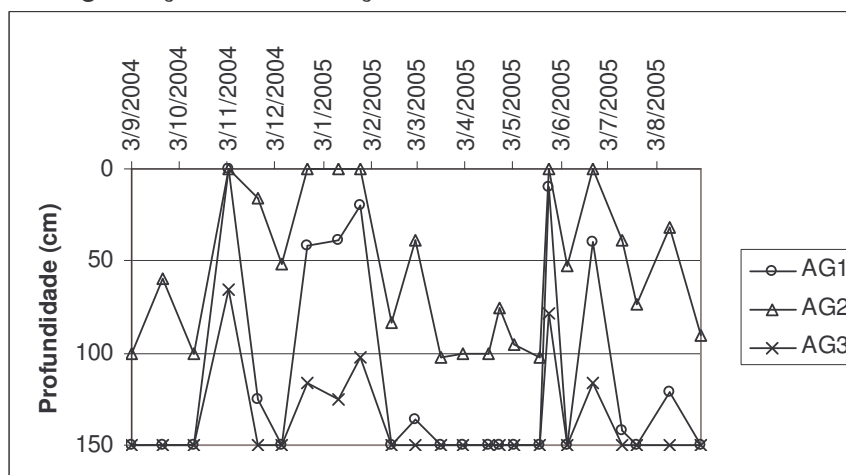
APÊNDICE 7 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação da Formação Mafra/Rio do Sul durante 12 meses de leitura.



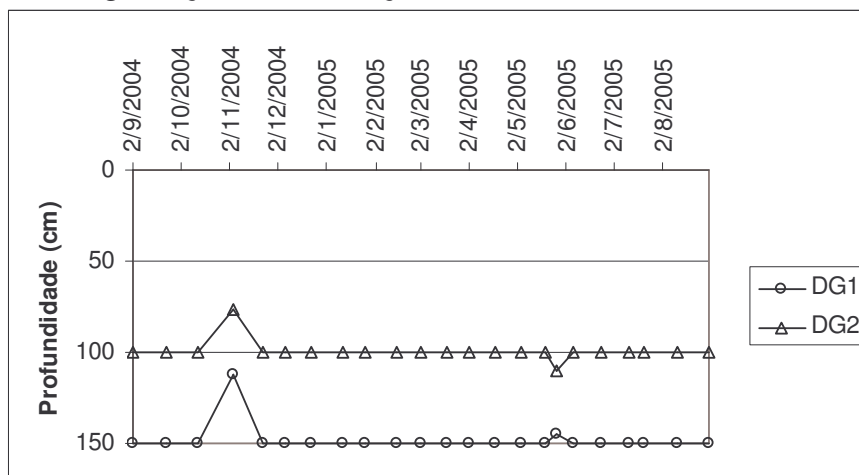
APÊNDICE 8 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Mafra/Rio do Sul durante 12 meses de leitura.



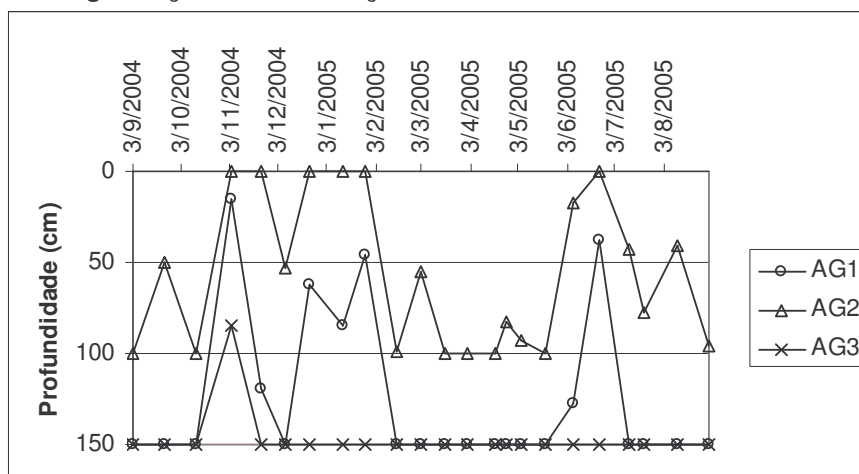
APÊNDICE 9 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação da Formação Rio Bonito durante 12 meses de leitura.



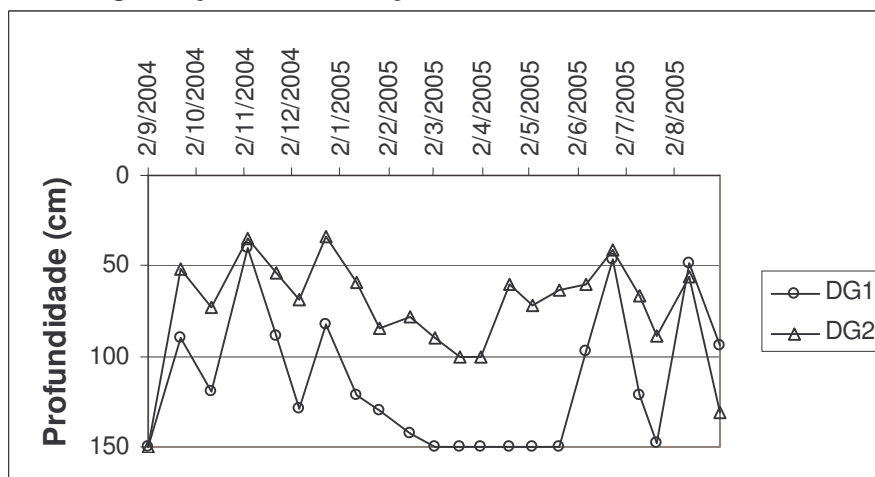
APÊNDICE 10 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Rio Bonito durante 12 meses de leitura.



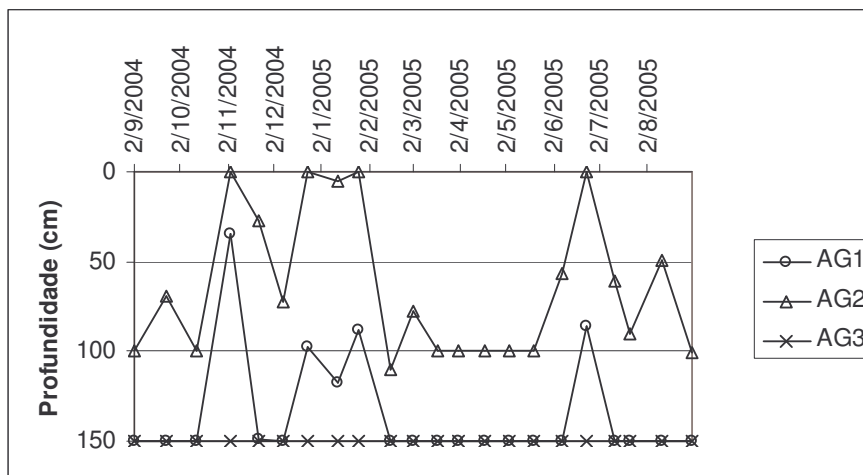
APÊNDICE 11 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação da Formação Palermo durante 12 meses de leitura.



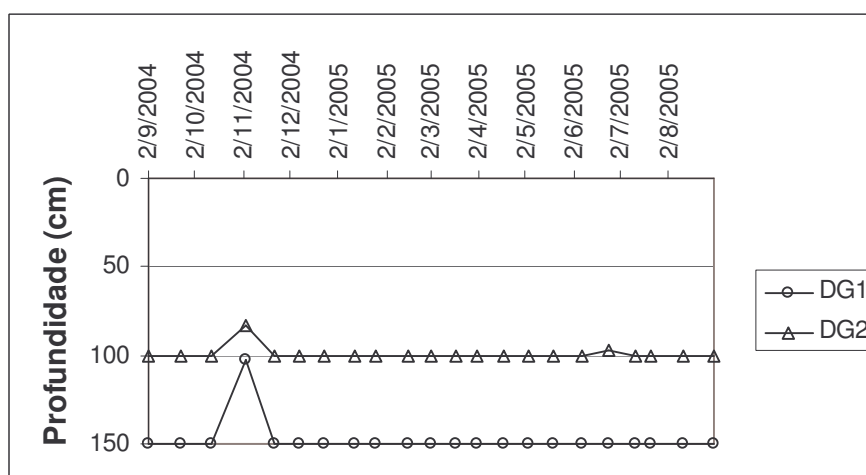
APÊNDICE 12 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Palermo durante 12 meses de leitura.



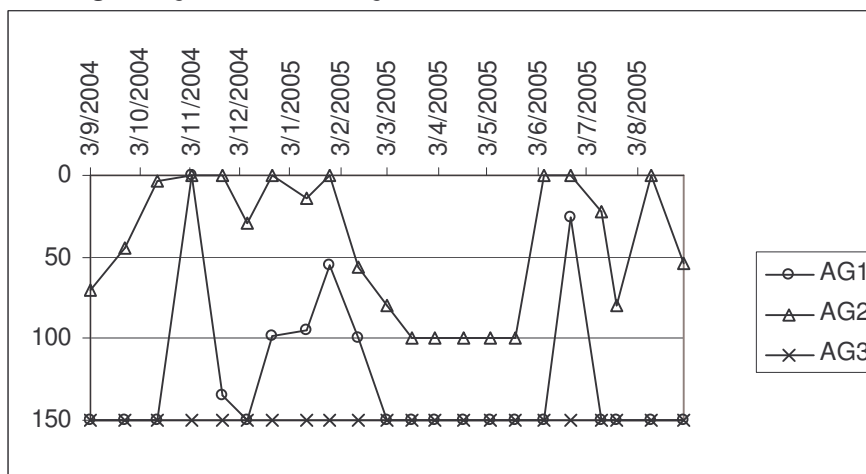
APÊNDICE 13 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação da Formação Irati durante 12 meses de leitura.



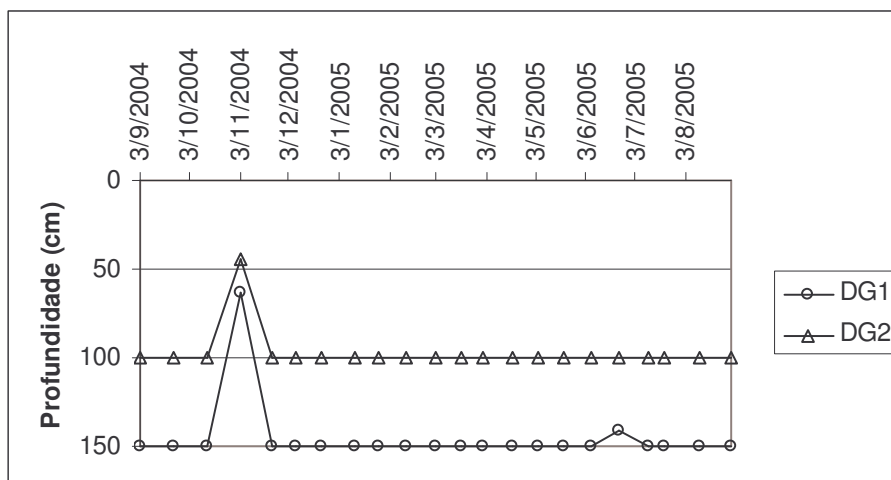
APÊNDICE 14 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Irati durante 12 meses de leitura.



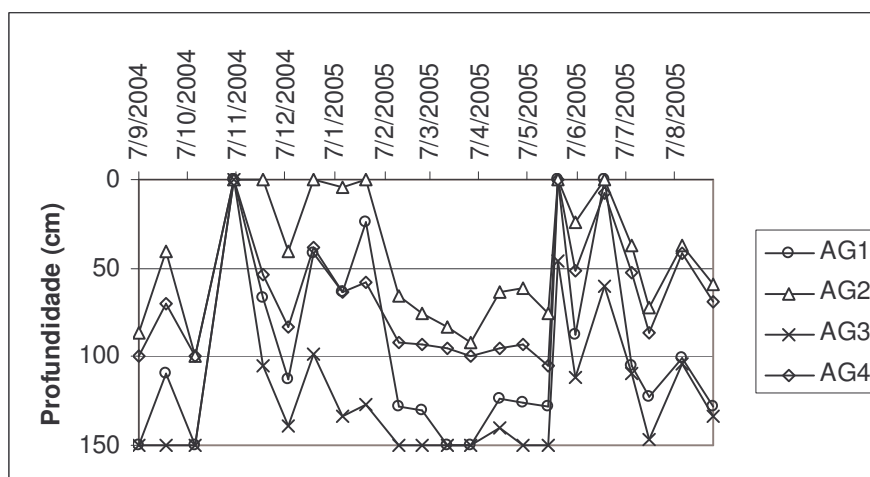
APÊNDICE 15 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação da Formação Serra Alta durante 12 meses de leitura.



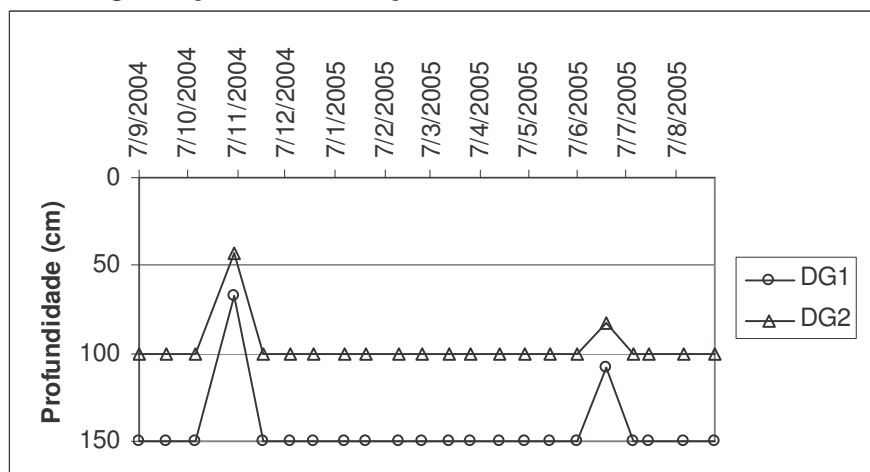
APÊNDICE 16 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Serra Alta durante 12 meses de leitura.



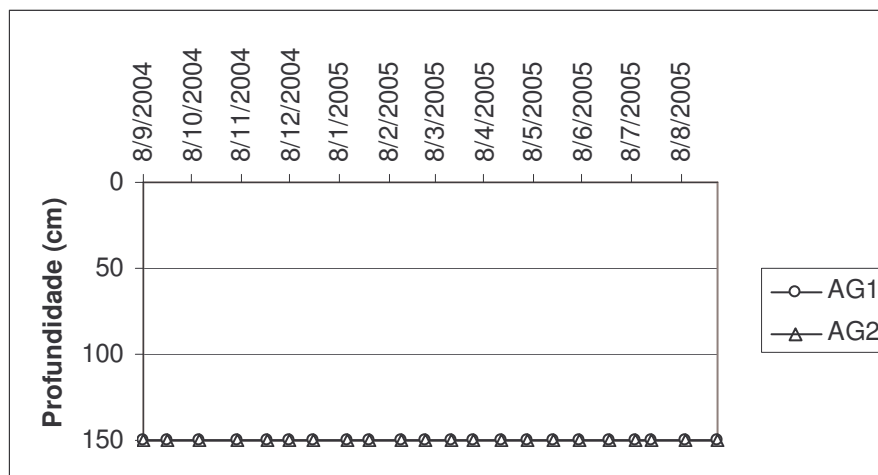
APÊNDICE 17 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação da Formação Terezina durante 12 meses de leitura.



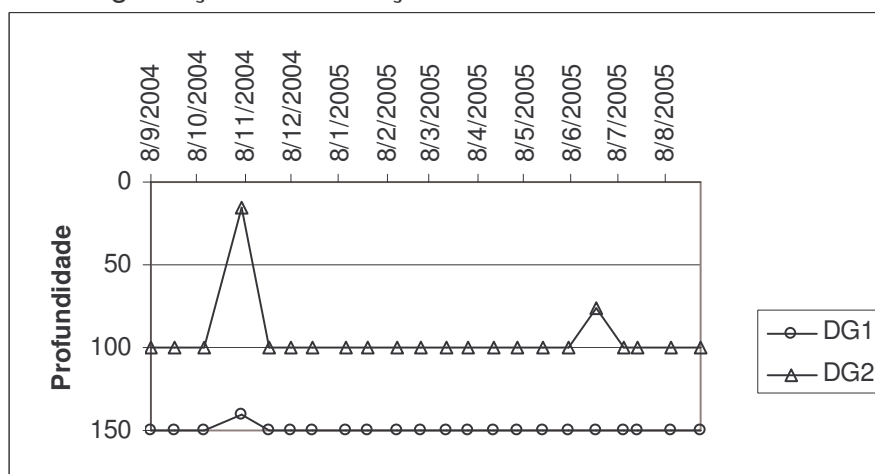
APÊNDICE 18 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Terezina durante 12 meses de leitura.



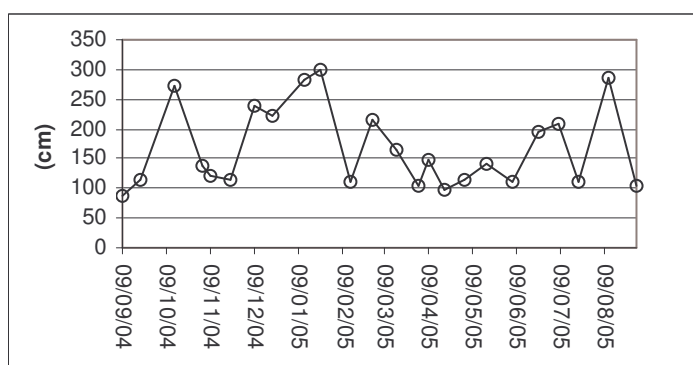
APÊNDICE 19 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de agradação da Formação Rio do Rasto durante 12 meses de leitura.



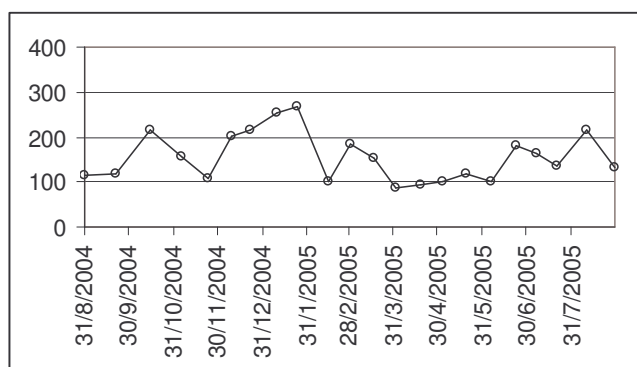
APÊNDICE 20 – Variação da profundidade do lençol freático na superfície de degradação da Formação Rio do Rasto durante 12 meses de leitura.



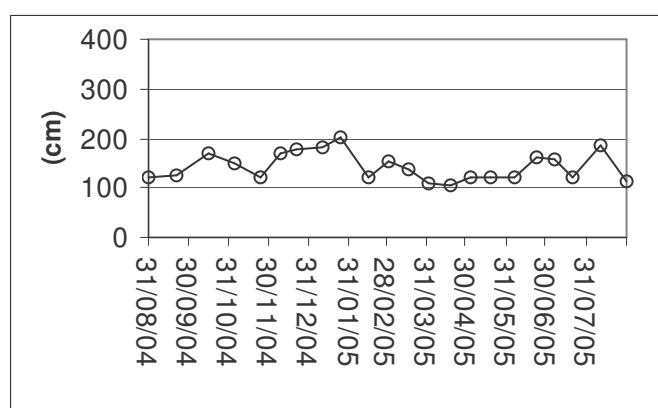
APÊNDICE 21 – Variação da profundidade do nível fluviométrico do rio Iguazu na localidade de Guajuvira, Araucária (relacionado com o Compartimento Complexo Gnáissico Migmatítico Costeiro).



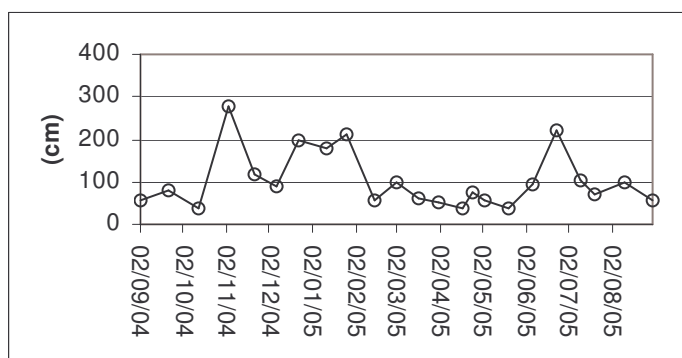
APÊNDICE 22 – Variação da profundidade do nível fluviométrico do rio Iguaçu na localidade de Balsa Nova (relacionado com o Compartimento Campo do Tenente).



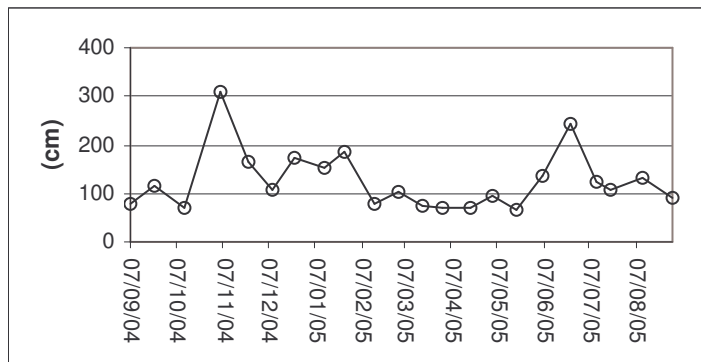
APÊNDICE 23 – Variação da profundidade do nível fluviométrico do rio Iguaçu na localidade de Porto Amazonas (relacionado com o Compartimentos Furnas e Maфра/Rio do Sul).



APÊNDICE 24 – Variação da profundidade do nível fluviométrico do rio Iguaçu na localidade de São Mateus do Sul (relacionado com o Compartimentos Rio Bonito, Palermo, Irati e Serra Alta).



APÊNDICE 25 – Variação da profundidade do nível fluviométrico do rio Iguaçu na localidade de Fluviópolis (relacionado com o Compartimento Terezina).



APÊNDICE 26 – Variação da profundidade do nível fluviométrico do rio Iguaçu na localidade de União da Vitória (relacionado com o Compartimento Rio do Rasto).

