

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MARIA RAQUEL KANIESKI

ESTUDO DENDROECOLÓGICO DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. &
R.J.Downs E DE ARBÓREAS INVASORAS EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA
ALUVIAL, SUL DO BRASIL

CURITIBA

2013

MARIA RAQUEL KANIESKI

ESTUDO DENDROECOLÓGICO DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. &
R.J.Downs E DE ARBÓREAS INVASORAS EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA
MISTA ALUVIAL, SUL DO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Conservação da Natureza, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Galvão

Coorientadores: Dr. Paulo César Botosso

Prof^a. Dr^a. Erika Amano

CURITIBA

2013

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Kanieski, Maria Raquel

Estudo dendroecológico de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & R.J.Downs e de arbóreas invasoras em uma floresta ombrófila mista aluvial, sul do Brasil / Maria Raquel Kanieski . – 2013
127 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Franklin Galvão

Coorientadores: Dr. Paulo César Botosso
Profª. Drª. Erika Amano

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 18/12/2013.

Área de concentração: Conservação da Natureza

1. Dendrocronologia. 2. Ecologia florestal – Paraná. 3. Anatomia vegetal. 4. Troncos (Botânica). 5. Teses. I. Galvão, Franklin. II. Botosso, Paulo César. III. Amano, Erika. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.561.24



Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da
Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

PARECER

Defesa nº. 1003

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) doutorando(a) *Maria Raquel Kanieski* em relação ao seu trabalho de tese intitulado "**ESTUDO DENDROECOLÓGICO DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & R.J.Downes E DE ARBÓREAS INVASORAS EM FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, SUL DO BRASIL**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Doutor* em Engenharia Florestal, área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.

Dr. Solon Jonas Longhi
Universidade Federal de Santa Maria
Primeiro examinador

Dr. Alessandra Mara Gogosz
Faculdades Integradas "Espírita"
Segundo examinador



Dr. Nelson Luiz Cosmo
Prefeitura Municipal de Curitiba
Terceiro examinador

Dr. Paulo Cesar Botosso
Embrapa Florestas
Quarto examinador

Dr. Franklin Galvão
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 18 de dezembro de 2013.

Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Jorge Luis Monteiro de Matós
Vice-coordenador do curso

Aos meus pais, José e Cassilda;
Aos meus irmãos, João e Angélica;
À minha sobrinha, Helena;
Ao meu amor, Philipe;
DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, José e Cassilda Kanieski, que sempre colocaram como prioridade nossa formação profissional, por me acompanharem em várias etapas do Doutorado – desde a entrevista, estruturação do apartamento, mudança, companhia em Mendoza e, enfim defesa – o esforço que sempre fizeram, mesmo com todas as dificuldades, para que tivéssemos uma formação sólida e de qualidade é incomparável;

Aos meus irmãos, meus melhores amigos, João e Angélica, e a minha sobrinha Helena, pelo apoio em tudo e por termos essa relação realmente forte, que não tem explicação;

Ao meu marido Philipe Soares, pelo apoio em todos os momentos do Doutorado, por me ajudar a não “deixar a peteca” cair, por realmente cuidar muito de mim, e por compartilharmos essa “história” do Doutorado juntos;

À família Casemiro Soares, por me adotarem como “filha” e por todo o apoio que me deram, mesmo distantes;

Aos meus primos Théia, Andria, Sérgio e Talício e suas respectivas famílias, que me acolheram e deram todo o suporte necessário durante essa minha estadia em Curitiba;

Aos meus grandes e verdadeiros amigos, alguns mais antigos, outros mais recentes, mas que em pequenas ações sempre estiveram comigo, perto ou longe, e que sei que torceram pela minha felicidade;

À Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realização do Doutorado e pela formação por meio do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, principalmente aos professores que colaboraram com a minha formação;

Ao meu orientador Franklin Galvão, que mais do que um professor foi um amigo, pelo apoio e conselhos nas decisões que tomei ao longo do Doutorado; muito obrigada pela excelente contribuição na construção deste trabalho, e por compartilhar parte de todo o conhecimento que possui que, definitivamente, é imensurável;

Ao co-orientador Paulo Botosso, pelo incentivo em estudar a arte da dendrocronologia e pelas importantes contribuições ao longo deste trabalho;

À co-orientadora Erika Amano, pela ajuda fundamental com a anatomia da madeira, além da amizade e companhia em diferentes momentos nesse período;

Ao professor e pesquisador Fidel Alejandro Roig, pela hospitalidade e ajuda infinita durante minha estadia em Mendoza, e por ensinar de forma tão dedicada os princípios da dendrocronologia;

Ao Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA) pela oportunidade de analisar meus dados e de viver na bela e saudosa Mendoza; agradeço especialmente a ajuda e companhia durante esse período de Martín Hadad, Quique e Alberto.

Ao laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade em fazer as análises de anatomia; meninas, obrigada pela atenção e paciência; e Polly, obrigada por propiciar minha ida para lá;

Aos colegas e amigos do LECOF e Herbário Florestal da UFPR, mais do que simples colegas de laboratórios, fomos uma família; agradeço especialmente aos “ermões” Tomaz, Jaça, Michella e Bruno, pelo apoio, pela parceria nas publicações, pela ajuda no desenvolvimento deste trabalho e pelas longas manhãs e tardes no laboratório, regadas a trabalho, pesquisa, conversas, risadas e chimarrão;

Aos professores Roder e Yoshiko pela ótima convivência e aprendizado! Sentirei saudades dos pastéis de sexta-feira;

À estagiária Iasmin, pela ajuda na árdua tarefa de coleta e de preparo das amostras, o teu trabalho foi fundamental;

Aos colegas do Programa de pós-graduação em Engenharia Florestal da UFPR, em especial à Mayara, a Cy e as Lulus queridas (Ana, Luísa, Nayara, Raquel e Timni), pela amizade que foi além do ambiente acadêmico;

À CAPES/REUNI, pela concessão de bolsa de estudos e aos membros da Comissão Examinadora, pela atenção dispensada na avaliação e as contribuições neste trabalho.

A todos vocês,

MUITO OBRIGADA POR TUDO!!!

*Cada dia mais intrigada e encantada
com as histórias que as árvores vêm contando...*

KANIESKI, M.R. (2013)

RESUMO

As florestas aluviais exercem importante função na estabilidade do regime hídrico das planícies sujeitas a inundações periódicas. Devido à grande pressão decorrente do crescimento das cidades, as florestas ciliares estão sendo cada vez mais deterioradas, não exercendo seu pleno papel de proteção e conservação dos cursos d'água. Estudos que procurem compreender o crescimento da vegetação arbórea nesses ambientes devem ser realizados para facilitar o entendimento das respostas da vegetação a diferentes fatores e auxiliar na estruturação e definição de ações que priorizem a sua conservação. Este estudo foi conduzido em área de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná, Brasil, adjacente a uma área de várzea fortemente impactada pelo vazamento de quatro milhões de litros de óleo bruto da Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), ocorrido em julho de 2000. O objetivo do trabalho foi avaliar o crescimento de espécies florestais no fragmento, uma nativa, dominante, e duas exóticas invasoras, por meio de estudos dendroecológicos. O trabalho foi dividido em três capítulos: o primeiro referente ao incremento em diâmetro de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs, *Hovenia dulcis* Thunb. e *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton, avaliado por meio de cintas dendrométricas; o segundo referente à análise dos anéis de crescimento de *S. commersoniana* e *H. dulcis*; e o terceiro capítulo referente à anatomia dos vasos do lenho de *S. commersoniana* e *H. dulcis*. Os trabalhos realizados permitiram uma melhor compreensão do desenvolvimento das espécies nas condições analisadas. Verificou-se grande potencial na utilização de *S. commersoniana* e *H. dulcis* em estudos dendroecológicos. A construção de diques, como tentativa de retirada do óleo, afetou o desenvolvimento de *S. commersoniana*. Como forma de adaptação a esse aumento da saturação hídrica do solo, a espécie apresenta modificações na anatomia dos vasos do lenho, comprovando a sua grande plasticidade para ocupar diferentes condições ambientais. Um fator preocupante é o grande crescimento das espécies exóticas, que pode representar uma ameaça aos remanescentes ripários.

Palavras-chave: Incremento diamétrico, dendroecologia, anatomia do lenho, Floresta Aluvial, contaminação ambiental

ABSTRACT

The alluvial forests play an important role in the stability of water balance of plains subject to periodic flooding. Due to the great pressure of cities growth, riparian forests are increasingly deteriorated, not doing their role in protection and conservation of water courses. Studies that seek understand the growth of trees in these environments should be conducted to facilitate the understanding of vegetation responses to different factors and assist in structuring and defining of actions that prioritize conservation. This study was conducted in an area of Mixed Rain Forest in Araucaria, Parana, Brazil, adjacent to a floodplain area heavily impacted by four million liters of oil spill from Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS) occurred in 2000 July. The aim of this study was evaluate the growth of forest species in the area, a native, dominant, and two invasive exotics, by dendroecological studies. The present study was divided into three chapters: the first refers to the diameter increment of *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs, *Hovenia dulcis* Thunb. and *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton, evaluated by dendrometric bands; the second concerned about the analysis of growth rings of *S. commersoniana* and *H. dulcis*, and the third chapter concerned about vessel anatomy of wood of *S. commersoniana* and *H. dulcis*. The studies resulted in a better understanding of the development of the species in the conditions studied. There is great potential for use of *S. commersoniana* and *H. dulcis* in dendroecological studies. The construction of dikes like attempt to remove the oil, affected the development of *S. commersoniana*. In order to adapt to this increased soil water saturation, *S. commersoniana* presents changes in vessel anatomy of wood, proving its great plasticity to occupy different environmental conditions. A concern is large and of exotic species that may represent a threat to the remaining riparian.

Keywords: Diameter increment, dendroecology, wood anatomy, Alluvial Forest, environmental contamination

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
FIGURA 2 – MAPA GEOLÓGICO REGIONAL NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR	38
FIGURA 3 – CLIMATOGRAMA MENSAL DE PRECIPITAÇÃO (BARRAS) E TEMPERATURA (LINHAS) PARA O PERÍODO DE 1961 A 2011, PARA A REGIÃO DE CURITIBA	40
FIGURA 4 – PRECIPITAÇÃO (BARRAS) E TEMPERATURAS MÉDIA, MÍNIMA E MÁXIMA (LINHAS) EM CURITIBA-PR, DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012	61
FIGURA 5 – DETALHE DA CINTA DENDROMÉTRICA PERMANENTE, EM AÇO INOXIDÁVEL, COM PRECISÃO DE 0,2 mm	62
FIGURA 6 – INCREMENTO ACUMULADO EM DIÂMETRO DO TRONCO PARA INDIVÍDUOS DO DOSSEL (LINHA CONTÍNUA) E SUB-BOSQUE (LINHA TRACEJADA) DAS ESPÉCIES <i>Sebastiania commersoniana</i> , <i>Hovenia dulcis</i> E <i>Ligustrum lucidum</i> DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012	64
FIGURA 7 – INCREMENTO ACUMULADO EM DIÂMETRO DO TRONCO PARA INDIVÍDUOS ARBÓREOS EM UMA ÁREA DE FOMA NO PERÍODO DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012	64
FIGURA 8 – ANÁLISE DAS COORDENADAS PRINCIPAIS PARA INCREMENTO CORRENTE MENSAL (ICM) EM DIÂMETRO DO TRONCO ENTRE O GRUPO DA ESPÉCIE NATIVA E O DAS ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS	68
FIGURA 9 – ANÁLISE DAS COORDENADAS PRINCIPAIS PARA INCREMENTO CORRENTE MENSAL (ICM) EM DIÂMETRO DO TRONCO ENTRE O GRUPO DOS INDIVÍDUOS DO DOSSEL E O DOS INDIVÍDUOS DO SUB-BOSQUE	69
FIGURA 10 – AMOSTRAS DO LENHO DAS ESPÉCIES DIGITALIZADAS. A: <i>Sebastiania commersoniana</i> . B: <i>Hovenia dulcis</i>	82
FIGURA 11 – COMPARAÇÃO ENTRE AS SÉRIES DE ÍNDICES DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DAS SÉRIES MASTER E STANDARD. A: SÉRIES DE <i>Sebastiania commersoniana</i> NA CONDIÇÃO 1. B: SÉRIES DE <i>Sebastiania commersoniana</i> NA CONDIÇÃO 2. C: SÉRIES DE <i>Hovenia dulcis</i> . D: CLIMATOGRAMA DE PRECIPITAÇÃO (BARRAS) E TEMPERATURA MÉDIA (LINHA)	87
FIGURA 12 – SÉRIES DE ÍNDICES DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DE <i>Sebastiania commersoniana</i> . A: NÚMERO DE AMOSTRAS DO LENHO PARA OBTENÇÃO DA SÉRIE CONJUNTA. B: CONDIÇÃO 1. C: CONDIÇÃO 2. D: CONDIÇÕES 1 E 2. E: AS TRÊS SITUAÇÕES JUNTAS	88

FIGURA 13 – SÉRIES DE ÍNDICES DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DE <i>Hovenia dulcis</i> . A: NÚMERO DE AMOSTRAS DO LENHO PARA OBTENÇÃO DA SÉRIE CONJUNTA. B: SÉRIE DE ÍNDICES	90
FIGURA 14 – SÉRIES DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO. A: INDIVÍDUO 308 DE <i>Sebastiania commersoniana</i> . B: INDIVÍDUO 290 DE <i>Hovenia dulcis</i> . C: AMBOS	91
FIGURA 15 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE <i>Sebastiania commersoniana</i> DA CONDIÇÃO 1 COM A TEMPERATURA. A: TEMPERATURA MÍNIMA. B: TEMPERATURA MÁXIMA. C: TEMPERATURA MÉDIA	93
FIGURA 16 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE <i>Sebastiania commersoniana</i> DA CONDIÇÃO 2 COM A TEMPERATURA. A: TEMPERATURA MÍNIMA. B: TEMPERATURA MÁXIMA. C: TEMPERATURA MÉDIA	94
FIGURA 17 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE <i>Sebastiania commersoniana</i> DA CONDIÇÃO 1 COM A PRECIPITAÇÃO	95
FIGURA 18 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE <i>Sebastiania commersoniana</i> DA CONDIÇÃO 2 COM A PRECIPITAÇÃO	96
FIGURA 19 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE <i>Hovenia dulcis</i> COM A TEMPERATURA. A: TEMPERATURA MÍNIMA. B: TEMPERATURA MÁXIMA. C: TEMPERATURA MÉDIA	97
FIGURA 20 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE <i>Hovenia dulcis</i> COM A PRECIPITAÇÃO	97
FIGURA 21 – COLETA DE AMOSTRAS RADIAIS DO LENHO. A: DETALHE DA AMOSTRA COLETADA COM TRADO DE PRESSLER. B: APLICAÇÃO DE SULFATO DE COBRE E CÁLCIO	109
FIGURA 22 – XILEMA SECUNDÁRIO DE <i>Sebastiania commersoniana</i> EM PLANO TRANSVERSAL. A: LIMITES DA CAMADA DE CRESCIMENTO. B: DETALHE DO LIMITE DA CAMADA DE CRESCIMENTO	110
FIGURA 23 – VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA E DIÂMETRO TANGENCIAL DE VASOS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> NO PERÍODO DE 1997 A 2010 (BARRAS), SÉRIES CRONOLÓGICAS DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO (LINHAS), E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010	111

FIGURA 24 – PLANOS TRANSVERSAIS DO XILEMA SECUNDÁRIO DE <i>Sebastiania commersoniana</i> . A: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 1998. B: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 2000. C: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 2006	112
FIGURA 25 – VARIAÇÃO DO AGRUPAMENTO DOS VASOS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> , NO PERÍODO DE 1997 A 2010, E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010	113
FIGURA 26 – PLANOS TRANSVERSAIS DO XILEMA SECUNDÁRIO DE <i>Hovenia dulcis</i> . A: LIMITE DA CAMADA DE CRESCIMENTO. B: DETALHE DO LIMITE DA CAMADA DE CRESCIMENTO	114
FIGURA 27 – VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA E DIÂMETRO TANGENCIAL DE VASOS POR mm ² DE <i>Hovenia dulcis</i> , NO PERÍODO DE 1997 A 2010 (BARRAS), SÉRIES CRONOLÓGICAS DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO (LINHAS), E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010	115
FIGURA 28 – VARIAÇÃO DO AGRUPAMENTO DOS VASOS DE <i>Hovenia dulcis</i> , NO PERÍODO DE 1997 A 2010, E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010	117
FIGURA 29 – VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA E DIÂMETRO TANGENCIAL DE VASOS POR mm ² DE <i>Sebastiania commersoniana</i> , NO PERÍODO DE 1997 A 2010 (BARRAS), SÉRIES CRONOLÓGICAS DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO (LINHAS), E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010	118
FIGURA 30 – XILEMA SECUNDÁRIO DE <i>Sebastiania commersoniana</i> EM PLANO TRANSVERSAL. A: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 1997. B: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 2003. C: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 2009	119
FIGURA 31 – VARIAÇÃO DO AGRUPAMENTO DOS VASOS DE <i>Sebastiania commersoniana</i> , NO PERÍODO DE 1997 A 2010, E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010	121

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – INCREMENTOS CORRENTES MENSAIS EM DIÂMETRO (mm) DE <i>Sebastiania commersoniana</i> , DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012, EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PR	65
TABELA 2 – INCREMENTOS CORRENTES MENSAIS EM DIÂMETRO (mm) DE <i>Hovenia dulcis</i> , DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012, EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PR	66
TABELA 3 – INCREMENTOS CORRENTES MENSAIS EM DIÂMETRO (mm) DE <i>Ligustrum lucidum</i> , DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012, EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PR	67
TABELA 4 – CORRELAÇÕES ENTRE O INCREMENTO CORRENTE MÉDIO DAS ESPÉCIES EM ESTUDO E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	70
TABELA 5 – QUALIDADE DA SINCRONIZAÇÃO ENTRE AS SÉRIES CRONOLÓGICAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE <i>Sebastiania commersoniana</i> E <i>Hovenia dulcis</i> EM ÁREAS DISTINTAS	85

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO GERAL	18
1.1.2 Objetivos específicos	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL	20
2.2 <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	22
2.3 ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS	24
2.4 INCREMENTO DIAMÉTRICO DAS ÁRVORES	26
2.5 DENDROCRONOLOGIA	31
2.6 ANATOMIA DO LENHO	33
2.7 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL OCORRIDA NA ÁREA	36
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	37
3.1 LOCALIZAÇÃO	37
3.2 GEOLOGIA	37
3.3 SOLOS	39
3.4 CLIMA	40
3.5 HIDROGRAFIA	40
3.6 VEGETAÇÃO	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
4 INCREMENTO DIÂMÉTRICO DO TRONCO DE <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs E DE DUAS ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS EM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR	56
RESUMO	56
ABSTRACT	57
4.1 INTRODUÇÃO	58
4.2 MATERIAL E MÉTODOS	60
4.2.1 Área de estudo	60
4.2.2 Monitoramento do crescimento diametral	61
4.2.3 Análise dos dados	62
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	63

4.3.1 Incremento em diâmetro do tronco	63
4.3.2 Correlação entre o incremento em diâmetro do tronco das espécies e as variáveis ambientais	70
4.4 CONCLUSÕES	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
5 DENDROECOLOGIA DE <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs E <i>Hovenia dulcis</i> Thunb. EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS EM UMA ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR	77
RESUMO	77
ABSTRACT	78
5.1 INTRODUÇÃO	79
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	81
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
5.3.1 Datação-cruzada	84
5.3.2 Correlação com variáveis climáticas	92
5.4 CONCLUSÕES	99
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
6 ANATOMIA DOS VASOS DO LENHO DE <i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B. Sm. & Downs E <i>Hovenia dulcis</i> Thunb. EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS EM UMA ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR	104
RESUMO	104
ABSTRACT	105
6.1 INTRODUÇÃO	106
6.2 MATERIAL E MÉTODOS	108
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	110
6.3.1 Condição Ambiental 1 - Saturação hídrica temporária	110
6.3.1.1 <i>Sebastiania commersoniana</i>	110
6.3.1.2 <i>Hovenia dulcis</i>	114
6.3.2 Condição Ambiental 2 – Saturação hídrica permanente	118
6.3.2.1 <i>Sebastiania commersoniana</i>	118
6.4 CONCLUSÕES	123
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
7 CONCLUSÃO GERAL	127

1 INTRODUÇÃO

A cobertura florestal nativa no Brasil vem sofrendo uma diminuição crescente, ocasionada principalmente por retirada de madeira, queimadas e expansão de fronteiras agrícolas. Das áreas remanescentes, a maioria está concentrada na forma de Unidades de Conservação e, muitas vezes, dispersa em pequenos fragmentos, geralmente distribuída no interior dos estados brasileiros. Essa fragmentação causa a instabilidade das populações, comunidades e ecossistemas, acarretando a perda de biodiversidade (CAIRNS, 1988).

No Brasil, a área original de Floresta Ombrófila Mista (FOM) era de aproximadamente 200.000 km² (BRASIL, 2002). Segundo levantamento realizado pelo PROBIO (2007), a área atual ocupada pela FOM é de 40.140 km², o que corresponde a 3,79% da área total do Bioma Mata Atlântica no país. No Paraná, a FOM ocupa atualmente cerca de 11% do estado (PROBIO, 2007).

De acordo com Veloso, Rangel-Filho e Lima (1991), a Floresta Ombrófila Mista apresenta quatro formações distintas: Aluvial, em terraços antigos ao longo dos flúvios; Submontana, de 50 até mais ou menos 400 m de altitude; Montana, de 400 até mais ou menos 1000 m de altitude e Altomontana situada a mais de 1000 m de altitude.

As florestas aluviais, também conhecidas como florestas ripárias, florestas ciliares ou de galeria, constituem uma associação arbórea muito típica e especialmente adaptada às condições pedológicas, com lençol freático frequentemente muito próximo à superfície, sujeitas a inundações periódicas pelo extravasamento dos rios (SOCHER; RODERJAN; GALVÃO, 2008).

Essas florestas exercem importante função na estabilidade do regime hídrico das planícies de inundações. A eliminação ou fragmentação das florestas ciliares compromete a segurança e a qualidade de vida de comunidades humanas indevidamente instaladas nesses ambientes, fato recorrente nos noticiários durante períodos chuvosos, em áreas mais densamente urbanizadas (SOCHER; RODERJAN; GALVÃO, 2008).

Devido à grande pressão decorrente do crescimento das cidades, as florestas aluviais estão cada vez mais deterioradas, não exercendo seu papel de

proteção e conservação dos cursos d'água. O rio Barigui, em particular, afluente do Iguaçu, foi intensamente modificado em função do crescimento urbano, tendo sido retificado em alguns trechos. De acordo com Barddal *et al.* (2004a), com esse modelo de desenvolvimento regional, grande parte das várzeas e das florestas da planície inundável do rio Barigui, deram lugar a áreas urbanas e industriais que, não raras vezes, são "invadidas" pelas águas do rio, causando inúmeros problemas socioeconômicos.

O remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial na área da Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), unidade da Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), no município de Araucária, PR, localizado na planície do rio Barigui, tem grande relevância para estudos que visem a sua conservação e o entendimento de seus processos dinâmicos.

Além da pressão devida à larga ocupação urbana próxima a este remanescente, ocorreu, em 16 de julho de 2000, o vazamento de quatro milhões de litros de óleo bruto da REPAR, atingindo então essa área de Floresta Ombrófila Mista Aluvial - FOMA e uma área de 20 ha de Formação Pioneira de Influência Flúvio-lacustre (várzea), sendo que destes, um milhão de litros foram parar nos leitos dos rios Barigui e Iguaçu.

Foram intensamente contaminados os solos, as águas e as comunidades bióticas dependentes das encostas próximas à conexão do oleoduto com o complexo da refinaria (*scrape*) onde ocorreu o vazamento, além dos ambientes ripários adjacentes ao arroio Saldanha, afluente do rio Barigui, e da extensa várzea formada por seu aplainamento.

Em se tratando de uma área formada por solos do tipo Gleissolo Háplico, que no período se encontrava seco e gretado em consequência de uma estiagem, parte do óleo penetrou no solo, dificultando sua remoção completa. Na tentativa de retirar o óleo, diques foram construídos, interferindo também no regime hídrico do solo.

Outro fator preocupante decorre do contínuo estabelecimento de espécies exóticas no local, o que pode comprometer o desenvolvimento das espécies nativas na área. Segundo a Portaria nº 95/2007 do IAP (PARANÁ, 2007), as espécies *Hovenia dulcis* Thunb. e *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton são classificadas como exóticas invasoras para o estado do Paraná.

Esse fator pode ser uma ameaça a mais para as espécies nativas existentes na área de estudo, e que traz a necessidade de um maior conhecimento sob os padrões de desenvolvimento e interação das diferentes espécies, exóticas e nativas, assim como obtenção de informações que subsidiem práticas de manejo com vistas à conservação destas áreas.

Dentro desse contexto é que foi concebido o presente estudo, cujo propósito é o de investigar o efeito desses acontecimentos, tendo como referência as espécies arbóreas dominantes no remanescente de floresta aluvial, ocorrendo também espécies exóticas invasoras. É extremamente importante que estudos que expliquem o crescimento da vegetação, tanto arbórea quanto herbácea e arbustiva, nesses ambientes sejam realizados, especialmente àqueles que possam correlacionar o crescimento das espécies em resposta às interferências ambientais, de forma a facilitar o entendimento do comportamento da vegetação e auxiliar na estruturação e definição de ações que priorizem a conservação destas áreas.

1.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo efetuar estudos dendroecológicos e anatômicos de espécies florestais, uma nativa (*Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs) e duas exóticas invasoras (*Hovenia dulcis* e *Ligustrum lucidum*), em área de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Araucária, PR.

1.1.2 Objetivos específicos

Como objetivos específicos, o presente trabalho visa:

- Avaliar o incremento em diâmetro de *S. commersoniana*, espécie dominante na área, e de *H. dulcis* e *L. lucidum* (espécies exóticas invasoras), posicionadas no dossel e no sub-bosque, por meio de cintas dendrométricas;

- Realizar estudos dendrocronológicos com as espécies *S. commersoniana* e *H. dulcis*, nas diferentes posições sociológicas (dossel e sub-bosque) e em duas áreas com regimes hídricos distintos;

- Efetuar estudos de anatomia do ponto de vista ecológico dos vasos do lenho de *S. commersoniana*, dominante na floresta aluvial, e da exótica invasora *H. dulcis*, em duas áreas com regimes hídricos distintos.

Como hipótese do trabalho buscou-se verificar:

- O incremento em diâmetro do tronco das espécies estaria condicionado à posição sociológica que estas ocupam, além das variações nas condições meteorológicas?

- As consequências advindas da construção de diques modificando o regime hídrico do solo ocasionada pelo derramamento de petróleo ocorrido no ano de 2000 teriam interferido no padrão e ritmo de crescimento em diâmetro do tronco e na anatomia dos vasos do lenho das espécies?

- As espécies florestais exóticas invasoras (*H. dulcis* e *L. lucidum*) estariam interferindo no crescimento de *S. commersoniana*, espécie característica e dominante dessas formações?

O trabalho foi estruturado em três capítulos: (i) referente ao incremento em diâmetro das espécies *S. commersoniana*, *H. dulcis* e *L. lucidum*, avaliado por meio de cintas dendrométricas; (ii) voltado à dendrocronologia de *S. commersoniana* e *H. dulcis*; (iii) referente à anatomia dos vasos do lenho de *S. commersoniana* e *H. dulcis*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL

As florestas aluviais, também conhecidas como ciliares, ribeirinhas, fluviais ou ripárias, têm funções ambientais muito importantes, como manutenção da qualidade da água, estabilidade das margens dos rios, atenuação dos picos nos períodos de cheia, sustento para a fauna, formação de corredores ecológicos, favorecendo a migração e a dispersão de animais e plantas (LIMA; HOSOKAWA; MACHADO, 2012), além da importante função na manutenção do ciclo hidrológico, interferindo nos seus principais processos (interceptação, infiltração e escoamento superficial).

As áreas aluviais estão entre os ecossistemas que sofrem maior pressão antrópica, sendo frequentemente suprimidos (ARAUJO *et al.*, 2004), tendo em vista que são áreas normalmente aptas à agricultura, e com grande ocupação urbana, devido à busca pelo recurso água sempre ter sido requisito para o estabelecimento de núcleos populacionais.

A Floresta Ombrófila Mista ocorre principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, entre 500 e 1300 m de altitude (CASTELLA; BRITZ, 2004). Quando esta ocupa ambientes pedologicamente associados aos cursos d'água é chamada Floresta Ombrófila Mista Aluvial (FOMA).

No Sul do Brasil é constituída principalmente por *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze, *Luehea divaricata* Mart. & Zucc. e *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg no estrato emergente e por *Sebastiania commersoniana* no estrato arbóreo contínuo (VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991).

De acordo com Leite (1994), as espécies com maior ocorrência na FOMA são: *Myrcia bombycina* (O.Berg) Nied., *Myrceugenia euosma* (O.Berg) D.Legrand, *Calyptrothoe concinna* DC., *S. commersoniana*, *Lithrea brasiliensis* Marchand, *Schinus terebinthifolia* Raddi, *Ilex paraguariensis* A.St.-Hil., *Ilex theezans* Mart. ex Rissek, *Podocarpus lambertii* Klotzsch ex Endl. e *Drimys brasiliensis* Miers.

Roderjan *et al.* (2002) relatam que a FOMA percorre terrenos de geomorfia plana até suave ondulada, às margens dos rios, não raro fazendo limites com

várzeas de extensão variável, podendo apresentar diferentes graus de desenvolvimento, desde comunidades simplificadas, pelo grau de hidromorfia dos solos (Neossolos Flúvicos e Gleissolos), até associações mais complexas, onde o grau de hidromorfia é menor.

As formações arbóreas localizadas em áreas plano-abaciadas, ao longo dos rios e córregos, que permanecem inundadas durante grande parte do ano, apresentam uma composição diferenciada. Nessas situações, a vegetação é formada quase que exclusivamente por *S. commersoniana*, constituindo uma vegetação mais densa (KLEIN; HATSCHBACH, 1970/1971).

Segundo Mantovani (1989), as variações estruturais e florísticas da vegetação das margens de rios são resultantes da interação entre os traçados dos rios, tipos e graus de hidromorfia dos solos e topografia local, além do regime pluviométrico da região. As florestas aluviais apresentam algumas características específicas relacionadas às condições de alagamento e estas estão atreladas não somente ao grau de inundação, mas também à sua recorrência, chamando a atenção para o fato de que o tempo de permanência das enchentes determina fortemente a sua composição florística (BRINSON, 1990).

De acordo com Leite (1994), a FOMA ocorre geralmente em correlação com a insuficiência de drenagem de talvegues, que dificulta a descarga dos grandes volumes de água característicos das regiões ombrófilas. Porém, dependem da existência de largos vales de transbordamento dos rios. Estas planícies apresentam dois tipos fundamentais de ambientes: os menos hidromórficos, com solo melhor estruturado, zonal, provido de cobertura florestal; e os ambientes encharcados, com solo azonal, colonizados por formações pioneiras.

A composição e distribuição das plantas e das comunidades, tanto na planície inundável como na zona ripária, refletem a sensibilidade da vegetação às características, muitas vezes restritivas, inerentes desse meio (BARDALL, 2002).

A água pode auxiliar tanto como fonte de recursos, por transportar sementes hidrocóricas e porções ainda vivas de árvores e arbustos que podem se propagar vegetativamente, além de sedimentos ricos em nutrientes para o desenvolvimento vegetal. Por outro lado, pode ser limitante às plantas, causando danos abrasivos quando desenvolve altas velocidades; podendo soterrar a serapilheira, o banco de sementes e a vegetação rasteira, se carregada de sedimentos; produzindo a anoxia

(falta de oxigênio) e reduzindo a zona disponível de nutrientes (BARDALL, 2002; SCHNITZLER, 1997).

Diversos trabalhos têm sido desenvolvidos em ambientes de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no Paraná sob diferentes enfoques. Grande parte dos trabalhos avalia a estrutura, composição florística e fitossociologia do componente arbóreo e/ou sub-bosque (e. g.: BARDDAL *et al.*, 2004a; BARDDAL *et al.*, 2004b; CARVALHO *et al.*, 2009; IURK, 2008; IURK *et al.*, 2009; LIMA; HOSOKAWA; MACHADO, 2012; PASDIORA, 2003; SOCHER; RODERJAN; GALVÃO, 2008), o banco de sementes (e. g.: SILVA *et al.*, 2004; SILVA-WEBER *et al.*, 2012), epífitas (e. g.: KERSTEN; KUNIYOSHI; RODERJAN, 2009; KERSTEN; SILVA, 2002), padrão fenológico (e. g.: MILANI, 2013), crescimento diamétrico (e. g.: COSMO, 2008; KANIESKI *et al.*, 2012, KANIESKI *et al.*, 2013; LONGHI-SANTOS, 2013) e a anatomia do lenho das espécies sob o enfoque ecológico (e. g.: COSMO, 2008; COSMO; KUNIYOSHI; BOTOSSO, 2010; KOLB *et al.*, 1998).

2.2 *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & R.J.Downs

Sebastiania commersoniana (Euphorbiaceae), comumente conhecida como branquilha, é uma espécie arbórea característica das planícies aluviais da Floresta Ombrófila Mista, sendo um dos elementos que melhor caracteriza o estrato arbóreo das florestas ciliares encontradas em várzeas planas do primeiro e do segundo planalto paranaense (SILVA *et al.*, 1992).

Sebastiania commersoniana possui médio porte, sendo classificada como semidecídua ou decídua (REITZ; KLEIN; REIS, 1983). Seu porte varia de dois a 15 metros de altura e de 20 a 30 centímetros de diâmetro à altura do peito (DAP), podendo atingir até 20 metros de altura e 50 centímetros de DAP na idade adulta (CARVALHO, 2003).

A dispersão primária é autocórica, principalmente barocórica, com deiscência explosiva; zoocórica, principalmente ictiocórica, por peixes, e ornitocórica, por pássaros; e hidrocórica, devido à sua ocorrência frequente junto aos cursos de água, características que podem facilitar a disseminação da espécie por meio das redes fluviais entre as diferentes regiões fitoecológicas, conferindo-lhe,

maior importância ecológica de fluxo gênico e de preservação da diversidade genética (CARVALHO, 2003).

O lenho de *S. commersoniana* apresenta porosidade difusa, com vasos numerosos, múltiplos e solitários. Os elementos de vaso são constituídos em algumas situações, por gomas e tiloses. As camadas de crescimento são de pouco distintas a indistintas, demarcadas por zonas fibrosas mais espessadas e espessamento de parede. Mesmo com camadas de crescimento pouco distintas, como já verificado por Cosmo (2008) e Longhi-Santos (2013), a espécie possui potencial para estudos dendrocronológicos. As placas de perfuração são simples e as pontuações intervasculares alternas, sendo o parênquima axial indistinto a olho nu, apotraqueal, difuso em agregado, formando, algumas vezes, pequenas faixas tangenciais contíguas. Os raios são heterogêneos, unisseriados, apresentando células perfuradas. Possui fibras libriformes curtas, de paredes delgadas a espessas, podendo apresentar fibras gelatinosas preenchendo o lume (COSMO, 2008; RODRIGUES, 2005).

Sebastiania commersoniana é uma espécie com ampla ocorrência natural. É comum entre as latitudes de 19°45' S e 35° S e em altitudes desde 5 m até 1200 m. No Brasil ocorre de Minas Gerais ao Rio Grande do Sul. Ocorre também no nordeste da Argentina, no leste do Paraguai e no Uruguai (CARVALHO, 2003; LORENZI, 1992). No Paraná, está presente na Floresta Ombrófila Mista (nas formações montana e aluvial), na Floresta Estacional Semidecidual Aluvial e nos ecótonos entre essas duas unidades (ISERNHAGEN, 2001).

Nas áreas de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, *S. commersoniana* é capaz de se estabelecer e desenvolver em diversas unidades geomorfológicas e pedológicas, podendo tolerar períodos relativamente longos de saturação hídrica do solo (BARDDAL, 2006; CURCIO *et al.*, 2007).

A espécie tem ampla plasticidade na sua ocorrência, podendo ser encontrada tanto em áreas de boa drenagem, como em áreas de forte saturação hídrica. Além disso, a espécie é bastante rústica, podendo suportar condições extremas, como a exposição ou danificação de raízes (BARDALL, 2006).

Lorenzi (1992) relata sobre o uso de *S. commersoniana* como madeira serrada, para caixotaria, como planta medicinal e, destaca o seu valor ecológico para a recuperação de áreas úmidas degradadas. Considerando que *S. commersoniana* tem grande adaptabilidade às condições ambientais inerentes às

áreas associadas a cursos d'água, de acordo com Ferreira *et al.* (2013) a espécie pode ser indicada para o uso em programas de enriquecimento.

A espécie foi amplamente explorada na região da bacia do rio Iguaçu, onde há relatos históricos de exploração nas expedições ao longo do rio Iguaçu desde as últimas décadas dos anos 1700, em que a madeira era utilizada como combustível no suprimento de lenha para os barcos a vapor que transportavam sal, açúcar, tecidos, ferramentas, erva-mate e outros utensílios (LANGE, 2005; RIESEMBERG, 1973). Visconde de Taunay, em 1896, quando viajou pelo vapor “cruzeiro” do Porto Amazonas até o Porto da União, fez o seguinte relato conforme Lange (2005): “Gastam-se nas três viagens por mês, 66 m³ de lenha. Cada vez a madeira mais utilizada é o branquilha”.

Entre os anos 80 do século XIX e 20 do século passado, grandes transformações ocorreram na bacia do Iguaçu, devido à imigração de grande número de europeus e a construção de estradas de ferro, além do aumento de serrarias para beneficiamento da madeira de *Araucaria angustifolia*, que foram amplamente distribuídas ao longo das margens do rio Iguaçu e seus afluentes. A madeira novamente era utilizada como combustível, provocando o aumento da sua exploração (LANGE, 2005).

Com o declínio na exportação da erva-mate a partir da década de 20 do século passado, houve, como consequência, uma redução gradativa da exploração de madeira para lenha e de vapores circulando, sendo esses utilizados de forma mais intensiva para o transporte de madeira de *Araucaria angustifolia*. Mesmo assim, o transporte por barco a vapor, mesmo que em uma menor intensidade, deu-se até a década de 1950 (LANGE, 2005).

2.3 ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS

É evidente a fragmentação da vegetação nativa em todo o mundo, especialmente no Brasil, ameaçando a biodiversidade. Paralelamente ao processo de fragmentação, espécies exóticas são voluntária ou involuntariamente introduzidas nos fragmentos, impulsionado pelo processo de globalização (DEAN, 1996).

Dentre as mais de 47 mil espécies avaliadas quanto ao risco de extinção em escala global, pouco mais de um terço corre riscos reais de desaparecer caso as ameaças à biodiversidade não sejam controladas (CDB, 2010). Dentre as principais causas diretas da perda de biodiversidade estão: a conversão de habitats naturais por atividades humanas, as mudanças climáticas, as espécies exóticas invasoras, a superexploração dos recursos naturais e a poluição (MAE, 2005).

De acordo com as definições adotadas pela Convenção Internacional sobre Diversidade Biológica (CDB, 2000), uma espécie é considerada exótica quando situada em um local diferente ao de sua distribuição natural pela introdução mediada por ações antrópicas, de forma voluntária ou não. Se a espécie introduzida consegue se reproduzir e gerar descendentes férteis, com alta probabilidade de sobreviver no novo habitat, ela é considerada estabelecida. Caso a espécie estabelecida expanda sua distribuição no novo habitat, ameaçando a biodiversidade nativa, ela passa a ser considerada uma espécie exótica invasora.

O Brasil estabeleceu um compromisso legal com a CDB por meio do Decreto nº 2, de 03 de fevereiro de 1994 (BRASIL, 1994), comprometendo-se a adotar e aplicar as ações e os princípios desta Convenção. O país deve impedir que sejam introduzidas e deve controlar ou erradicar as espécies exóticas que ameacem ecossistemas, habitats ou espécies (CDB, 2000).

Em função da grande escala e do aumento dos problemas associados às espécies exóticas invasoras, a atenção da sociedade global voltada para esse tema vem sendo cada vez maior. A estratégia mais eficiente para enfrentar o problema é evitar novas introduções (ZILLER; ZALBA; ZENNI, 2007), uma vez que, trabalhando-se com estratégias de prevenção, os custos são menores e as chances de resolver os problemas são maiores, quando comparadas às estratégias de controle pós-invasão. Os custos de controle de uma espécie exótica invasora são crescentes com o passar do tempo, e, por vezes, em estágios avançados de invasão, torna-se praticamente impossível a sua erradicação. Por isso, é importante que governos estaduais e municipais reconheçam o quanto antes as ameaças das invasões biológicas nos seus territórios para adotar medidas de prevenção e controle das espécies exóticas invasoras.

No último século, o processo de globalização acelerou a introdução de espécies exóticas e a dispersão das espécies já presentes. Estima-se que das 55.000 espécies de plantas hoje conhecidas no Brasil (WRI, 1998), cerca de 21%

sejam espécies introduzidas de outros países (VITOUSEK *et al.*, 1997). Algumas espécies de árvores introduzidas já são consagradas como invasoras de sucesso no Bioma Mata Atlântica, como a casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.), a uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunb.) e algumas espécies de eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) e pinheiros (*Pinus* spp.) (ZILLER; ZALBA; ZENNI, 2007).

A Portaria do Instituto Ambiental do Paraná (IAP) nº 095/2007 reconhece a lista oficial de espécies exóticas invasoras para o estado do Paraná, estabelecendo normas de controle e outras providências (PARANÁ, 2007). Dentro da lista de espécies classificadas como exóticas invasoras para o estado do Paraná estão *Hovenia dulcis* e *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton.

Hovenia dulcis é uma espécie pioneira, de porte alto e crescimento rápido, que oportunamente ocupa os estratos superiores das florestas e que apresenta grande plasticidade (SCHUMACHER *et al.*, 2008; WANDSCHEER *et al.*, 2011), apresentando intolerância ao sombreamento (CARVALHO, 1994). É uma planta originária da China e do Japão, mas atualmente muito difundida em todo o Sul do Brasil, principalmente em propriedades agrícolas pela regeneração natural intensa por sementes, ocupando principalmente áreas de Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Semidecidual (CARVALHO, 1994).

Ligustrum lucidum, originária da China, é também uma espécie pioneira, mas que tolera sombreamento, adaptando-se em diferentes ambientes (ARAGÓN; GROOM, 2003). É uma espécie arbórea de rápido crescimento, que não possui restrição de drenagem, adaptando-se tanto a solos bem drenados quanto úmidos.

Devido ao potencial invasor, essas espécies exóticas podem representar uma ameaça à flora nativa, o que determina a necessidade de um maior conhecimento sobre os padrões de desenvolvimento e interação das diferentes espécies, exóticas e nativas, assim como obtenção de informações que subsidiem práticas de manejo com vistas à conservação destas áreas.

2.4 INCREMENTO DIAMÉTRICO DAS ÁRVORES

O crescimento das árvores consiste da alongação e aumento da espessura das raízes, troncos e galhos, provocando mudanças em termos de tamanho e forma.

O crescimento linear (alongação) de todas as partes da árvore resulta da atividade do meristema primário, enquanto que o crescimento em diâmetro é uma consequência da atividade do meristema secundário (câmbio e felogênio) (HUSCH; MILLER; BEERS, 1982).

O crescimento das árvores é influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente (HUSCH, MILLER E BEERS, 1982; LAMPRECHT, 1990) e pelos fatores genéticos das espécies (LAMPRECHT, 1990). As influências ambientais incluem fatores meteorológicos (temperatura, precipitação, vento e insolação), fatores pedológicos (características físicas e químicas, umidade e microorganismos), características topográficas (inclinação, elevação e exposição) e competição (influências de outras árvores, sub-bosque e predação) (LAMPRECHT, 1990).

A dendroecologia tem como objetivo determinar a relação que ocorre, ano após ano, entre o clima, as condições de sítio e o crescimento das árvores para avaliar os fatores endógenos e exógenos que influenciam o desenvolvimento da comunidade vegetal (SCHWEINGRUBER, 1996).

Até pouco tempo atrás se acreditava que espécies de áreas tropicais e subtropicais não apresentavam alterações no crescimento ao longo de um ano, porém, cada vez mais, estudos têm demonstrado que espécies arbóreas nesses ambientes apresentam crescimento intermitente decorrente de mudanças na temperatura, comprimento do dia e precipitação pluviométrica (BOTOSSO; VETTER, 1991).

Ao fazer uma revisão dos estudos relacionados à atividade cambial na América do Sul, Callado *et al.* (2013) verificaram que existem ainda poucos estudos que relacionam o crescimento diamétrico das árvores com variáveis ambientais, levando em consideração a grande diversidade de flora e biomas existentes e que, a periodicidade anual do crescimento radial das espécies estudadas é fortemente influenciada pela precipitação.

Botosso e Vetter (1991), ao avaliarem o crescimento de oito espécies arbóreas tropicais de Floresta de Terra Firme, verificaram que o crescimento em circunferência das árvores está estreitamente ligado à precipitação pluviométrica, sendo elevado no período chuvoso e baixo nos períodos secos. Em plantação experimental na Amazônia, Botosso, Vetter e Tomazello-Filho (2000) verificaram respostas de crescimento de três espécies (*Cedrela odorata* L., *Calophyllum*

angulare A.C.Sm. e *Eperua bijuga* Mart. ex Benth.) à precipitação e disponibilidade da água no solo. O maior crescimento ocorreu no período da estação chuvosa, reduzindo no término da estação, provavelmente afetado pela saturação hídrica no solo. As menores taxas de incremento foram encontradas na estação seca.

Ao comparar o incremento diamétrico de *Cedrela fissilis* Vell. em área de clima tropical e outra de clima subtropical, Dünisch (2005) constatou que na área tropical, onde há uma estacionalidade climática definida, o crescimento da espécie foi correlacionado com a precipitação, e na área subtropical, a temperatura teve maior correlação com o crescimento. Dünisch, Bauch e Gasparotto (2002) relacionaram o incremento em diâmetro com as condições ambientais em três espécies (*Swietenia macrophylla* King, *Carapa guianensis* Aubl. e *C. odorata*) em plantações na Amazônia Central. Os resultados mostraram que o crescimento diamétrico das espécies é fortemente correlacionado com o suprimento de água, sendo que períodos com menor disponibilidade hídrica induzem a uma dormência cambial, assim como períodos com saturação hídrica.

O incremento radial de *S. macrophylla* e *C. odorata* foi correlacionado com a precipitação mensal na Amazônia Central por Dünisch, Montóia e Bauch (2003). Para *S. macrophylla* a precipitação foi importante para o crescimento diamétrico no início e no final da estação de crescimento e, para *C. odorata*, a precipitação dos meses anteriores ao período de crescimento foram importantes para impulsionar este.

Na região sudeste do estado de São Paulo, Ferreira (2002) avaliou a periodicidade de crescimento e formação de madeira de algumas espécies de Florestas Estacionais Semidecíduas, e concluiu que a precipitação, temperatura e o comportamento fenológico das espécies estão diretamente correlacionados com o crescimento em diâmetro destas. Ferreira-Fedele *et al.* (2004) avaliaram a periodicidade do incremento em diâmetro do tronco de *Esenbeckia leiocarpa* Engl., correlacionando com a fenologia e variáveis meteorológicas na região sudeste de São Paulo. No início da estação seca ocorreu uma diminuição no incremento, coincidente com a queda das folhas. Com a retomada da precipitação e renovação das folhas, o incremento também aumentou.

Avaliando o crescimento de 23 espécies arbóreas tropicais e subtropicais em Florestas Estacionais Semidecíduas no planalto paulista, Maria (2002) concluiu que

as variações das taxas de crescimento das árvores estão estreitamente relacionadas à precipitação e a disponibilidade de água no solo.

Lisi *et al.* (2008) analisaram o crescimento de 24 espécies em uma Floresta Estacional Semidecidual na região sudeste do Brasil e relacionaram este com variáveis meteorológicas e atividades fenológicas. Os maiores incrementos foram encontrados durante a estação chuvosa e os menores na estação seca, sendo que as espécies perdem suas folhas no início da estação seca e renovam estas no final da mesma estação.

Comparando o incremento diamétrico e as fases fenológicas das espécies *Senna multijuga* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby e *Citharexylum myrianthum* Cham. em duas condições distintas, uma com solo do tipo Cambissolo e outra Gleissolo, no sul do Brasil, Cardoso *et al.* (2012) mostraram que as fenofases e o incremento radial das espécies variaram segundo o tipo de solo. O incremento de *C. myrianthum* foi quatro vezes maior no Cambissolo (com maior drenagem) do que no Gleissolo (com saturação hídrica).

O incremento diamétrico de sete espécies de uma área de Floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná foi correlacionado com as diferentes estações do ano e com a precipitação e temperatura por Figueiredo Filho *et al.* (2008). A correlação entre o incremento em diâmetro, a temperatura e a precipitação indicou que a temperatura foi melhor correlacionada com o incremento do que a precipitação, sendo que a temperatura tem um padrão similar ao obtido no incremento, com maiores valores no verão e menores no inverno. A precipitação nesse caso não teve tanta influência por ter um padrão de distribuição irregular ao longo do ano.

Sphatelf *et al.* (2000) estudaram as relações entre variáveis meteorológicas, balanço hídrico e o incremento em diâmetro do tronco da espécie *Ocotea pulchella* (Nees & Mart.) Mez localizada às margens de uma barragem no município de Itaara, RS. Não foi possível identificar nenhuma variável meteorológica que tenha correlacionado significativamente com o incremento durante o período observado, porém os resultados mostram que o excesso de água influencia na diminuição do crescimento diamétrico das árvores.

A relação entre o incremento em diâmetro anual das espécies *Zanthoxylum rhoifolium* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* A.St.-Hil. foram relacionadas a fatores meteorológicos e balanço hídrico na região de Santa Maria, RS, por Nutto e

Watzlawick (2002). Os autores concluíram que o incremento das espécies está relacionado principalmente com o balanço hídrico da área para as duas espécies estudadas, sendo que em anos com balanço hídrico baixo o incremento foi menor também.

Munareto (2007) avaliou como variáveis meteorológicas influenciam no crescimento de algumas espécies florestais em Santa Maria, RS. A análise indicou que todas as espécies apresentaram correlação significativa do crescimento em diâmetro com as variáveis meteorológicas, sendo que a precipitação no mês de abril anterior ao crescimento é desfavorável a este, provavelmente pelo acúmulo de água no solo, sendo importante para o crescimento nos meses de janeiro e fevereiro, período que a espécie mais cresce. Temperaturas maiores no mês de maio também favorecem o crescimento.

Com o objetivo de avaliar a influência das variáveis meteorológicas no incremento diamétrico das espécies florestais em uma área de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, em Araucária-PR, Kanieski *et al.* (2012) monitoraram o incremento diamétrico de diferentes espécies por cintas dendrométricas e este foi correlacionado com variáveis meteorológicas. A variável que mais se correlacionou o incremento diamétrico das espécies foi a temperatura.

Kanieski *et al.* (2013) avaliaram o incremento diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O. Berg (Myrtaceae) a partir de cintas dendrométricas em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial na Região Metropolitana de Curitiba-PR, mostrando que o incremento médio correlaciona positivamente principalmente com a temperatura média.

Com a necessidade de instrumentos práticos para a leitura do incremento diamétrico das árvores, Hall (1944) desenvolveu uma cinta dendrométrica para atender estas necessidades. A cinta consiste de uma fita de alumínio graduado que circunda o tronco da árvore, permanecendo fixa neste por meio de uma mola espiral. Liming (1957) desenvolveu uma metodologia para construção de uma cinta dendrométrica utilizando alumínio. Segundo o autor, as cintas são instrumentos fáceis de construir e com baixo custo, que medem pequenas variações na dimensão das árvores com precisão. As cintas são recomendadas para estudos que requerem medições em um curto período de tempo, como o incremento diametral sazonal.

As vantagens em se utilizar as cintas para a medição de incremento diamétrico são a grande precisão das medições, baixo custo e facilidade para

construção e instalação. Como desvantagens, pode ocorrer sobreposição de parte da cinta causada pela grande resistência da mola, ocasionando erro de medição, deslocamento da cinta causado por animais ou queda de galhos, necessitando de inspeções para corrigir tais problemas, e perda de precisão para árvores com DAP menor que oito centímetros (LIMING, 1957).

Worbes (1995) relata que as cintas dendrométricas permitem uma medição contínua do crescimento diamétrico e que, pode-se então inferir sobre a atividade cambial das árvores.

Diversos estudos em florestas brasileiras têm utilizado cintas dendrométricas (e.g: ANDREACCI, 2012; BOTOSSO *et al.*, 2005; CARDOSO *et al.*, 2012; FERREIRA-FEDELE *et al.*, 2004; FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003; FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2008; GOMES *et al.*, 2008; KANIESKI *et al.*, 2012; KANIESKI *et al.*, 2013; LISI *et al.*, 2008; LONGHI *et al.*, 2006; SHIMAMOTO, 2012; SILVA *et al.*, 2003; ZANON; FINGER, 2010), encontrando nestas uma ótima opção para acompanhamento do ritmo e periodicidade do crescimento diamétrico de espécies arbóreas.

2.5 DENDROCRONOLOGIA

A palavra dendrocronologia provém do grego “*dendros*” que significa “árvore”, “*cronos*” que quer dizer “tempo” e “*logos*” que é “ciência”. A dendrocronologia pode ser definida como a ciência que possibilita a datação dos anéis de crescimento do lenho das árvores e/ou de peças de madeira, incluindo a aplicação das informações obtidas em estudos ambientais e históricos (KAENNEL; SCHWEINGRUBER, 1995). Pode ser definida como o estudo da sequência cronológica dos anéis de crescimento das árvores (STOKES; SMILEY, 1996).

Estudos dendrocronológicos podem ser realizados em qualquer parte do mundo em que as árvores formem anéis anuais, segundo as características genéticas das espécies (STOKES; SMILEY, 1996). Com base em Stokes e Smiley (1996), quatro condições são necessárias para uma espécie ter potencial de uso em dendrocronologia: (i) a formação de anéis anuais; (ii) um fator ambiental dominante limitante ao seu crescimento (normalmente precipitação ou temperatura); (iii) a

largura do anel de crescimento deve variar segundo o fator limitante, possibilitando a co-datação destes; (iv) a variável ambiental limitante deve ocorrer de forma uniforme em uma determinada área geográfica.

O cruzamento de dados dos anos do calendário com as informações dos anéis de crescimento permite determinar o ano em que o anel foi formado (BROWN, 2003). Mais do que simplesmente determinar a idade das árvores, com a dendrocronologia é possível determinar a taxa de crescimento das árvores e o efeito das variações ambientais na formação dos anéis de crescimento, sejam estas naturais ou oriundas de ações antrópicas. A especialização e o aprofundamento das pesquisas tornaram a dendrocronologia uma ciência multidisciplinar, surgindo, gradativamente, novas disciplinas, como a dendroecologia, dendroclimatologia e dendroquímica (TOMAZELLO FILHO; BOTOSSO; LISI, 2001).

Além de trazer referências valiosas sobre a vida do vegetal, a aplicação das informações contidas nos anéis de crescimento tem sido de grande relevância na análise da ocorrência de fenômenos ambientais. Os anéis de crescimento permitem a identificação e reconstrução das condições climáticas do passado, assim como das alterações ambientais naturais, da dinâmica das populações florestais e dos recursos hídricos e dos processos geomorfológicos (BOTOSSO; MATTOS, 2002).

O crescimento de uma árvore é dependente de uma série de inter-relações complexas entre fatores genéticos e ambientais. Os fatores genéticos das árvores determinam quais ambientes os indivíduos irão tolerar e controlam a resposta destes às condições ambientais. O ambiente supre os nutrientes, água, radiação e processos metabólicos. A abundância ou falta de algum desses elementos determina o quanto a árvore irá crescer segundo os limites do seu potencial genético (STOKES; SMILEY, 1996).

Árvores de determinadas espécies florestais tropicais podem não desenvolver anéis de crescimento perfeitamente distinguíveis no seu lenho, contrariando o que ocorre em árvores de clima temperado, nas quais, a relação entre a formação dos anéis de crescimento e as condições ambientais é conhecida (HIENDRICH, 2004). Por isso, para áreas temperadas, há uma maior contribuição a respeito da ecologia e dinâmica florestal e a relação do crescimento das espécies com o clima. Esses dados são necessários para gerar mais conhecimento sobre a ecologia de florestas tropicais, para orientar o manejo florestal e práticas de

conservação, assim como avaliar os impactos das mudanças climáticas nessas florestas (ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011).

Os estudos dendrocronológicos em espécies florestais tropicais e subtropicais vêm se tornando uma alternativa muito importante para obter informações do seu crescimento passado, possibilitando a compreensão da sucessão ecológica e da dinâmica da floresta. A maioria dos estudos em áreas tropicais relatam correlações entre crescimento e precipitação, pois há pouca variação da temperatura interanual nessas áreas (ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011). Porém em algumas áreas de clima tropical e em áreas subtropicais a temperatura também é uma característica limitante ao crescimento.

Ainda existem poucos estudos dendrocronológicos em áreas de Floresta Ombrófila Mista, comparado com a importância e abrangência dessa unidade fitoecológica (e. g.: ANDREACCI, 2012; COSMO, 2008; LONGHI-SANTOS, 2013; MATTOS *et al.*, 2010; MATTOS *et al.*, 2007a; MATTOS *et al.*, 2007b; OLIVEIRA, 2007; WATZLAWICK *et al.*, 2005), o que fortalece a necessidade de um maior conhecimento sobre os anéis de crescimento das espécies dessas áreas e o que esses podem inferir a respeito de fatores ambientais do passado.

2.6 ANATOMIA DO LENHO

O xilema secundário possui funções essenciais na vida das árvores, como transporte de seiva, suporte mecânico, armazenamento e mobilização de carboidratos e mecanismos de defesa contra o ataque de microorganismos e insetos (BAAS; WHEELER, 2011). As mudanças no xilema, em grande parte, têm sido direcionadas por adaptações funcionais às mudanças nas condições ambientais, especialmente às mudanças climáticas (BAAS; WHEELER, 2011).

Já em 1889, Vesque¹ (1889 *apud* BAAS, 1982) apontava a influência dos fatores ambientais na estrutura da madeira, em que, por meio de análises sobre a condução da água no caule, conclui que o diâmetro dos vasos pode variar segundo

¹ VESQUE, J. De l'emploi des caractères anatomiques dans la classification des végétaux. **Bulletin de la Société Botanique de France**, Paris, v. 36, p. 41–87, 1889.

a disponibilidade de água a qual a planta está submetida. O mesmo autor afirma que dessa forma podem ser feitas previsões sobre as condições ecológicas da planta a partir da análise da sua estrutura anatômica. Dessa forma, a anatomia da madeira sob o ponto de vista ecológico visa interpretar adaptações funcionais da madeira aos fatores ambientais (BAAS, 1986; BAAS; SCHWEINGRUBER, 1987; CARLQUIST, 1975).

Pesquisas relacionadas à dendroecologia e à anatomia vegetal têm evoluído em compreender os efeitos de curto e longo prazo dos fatores ambientais sobre a estrutura das plantas lenhosas (ARNOLD; MAUSETH, 1999; GÄRTNER; LUCCHINETTI; SCHWEINGRUBER, 2013; HIENDRICH; GÄRTNER; MONBARON, 2007; VAZ *et al.*, 2012). Características anatômicas da madeira, como tamanho de vasos e traqueídes, espessura da parede celular e a sua variação estrutural, podem fornecer informações ambientais importantes sobre a vida da árvore, especialmente quando analisadas de forma diferenciada por meio das camadas de crescimento (GÄRTNER; LUCCHINETTI; SCHWEINGRUBER, 2013; OVERDIECK; ZICHWE; BÖTTCHER-JUNGLAUS, 2007; SCHWEINGRUBER, 2007).

Segundo Baas e Wheeler (2011), muitos parâmetros anatômicos da madeira podem ser usados como indicadores de temperatura média anual, sazonalidade, altitude e latitude de origem, assim como de condições xéricas ou mésicas. Isso ocorre pela alta sensibilidade que muitos elementos anatômicos têm perante as modificações no ambiente. Em diferentes locais, os fatores geográficos e ambientais, como precipitação, temperatura, disponibilidade hídrica e fatores genéticos estão envolvidos na formação do lenho. Dessa forma, as características anatômicas são influenciadas por esses fatores (BAAS; WHEELER, 2011; BAAS; WHEELER; FAHN, 1983; COSMO, 2008).

Em grande parte dos estudos, a relação dos elementos anatômicos da madeira é realizada com foco na disponibilidade de água e temperatura (BAAS; WHEELER; FAHN, 1983). Demandas hídricas são distintas em diferentes condições climáticas, existindo tendências ecológicas ao longo desses gradientes para a maioria das características anatômicas da madeira. Em anéis porosos, por exemplo, a presença de vasos relativamente largos no início do anel de crescimento é uma estratégia hidráulica de valor adaptativo a climas sazonais, pois oferecem pequena resistência à condução; e vasos mais estreitos no lenho tardio são mecanismos de

segurança ao embolismo, mas que traz maior resistência ao transporte (BAAS; WHEELER, 2011; VERHEYDEN *et al.*, 2005).

Os vasos são os principais constituintes da madeira responsáveis pela condução de água na maioria das dicotiledôneas (KEDROV, 2012). Também têm um papel importante quanto à vulnerabilidade à cavitação e embolia (BAAS; WHEELER, 2011). Verheyden *et al.* (2005) relata que a densidade e diâmetro dos vasos são muito sensíveis a mudanças nas condições ambientais, principalmente registrando diferenças nas camadas de crescimento de períodos com grande disponibilidade hídrica em comparação com períodos de baixa disponibilidade hídrica.

No Brasil, poucos trabalhos relacionam variações na anatomia do xilema secundário de espécies em diferentes condições ambientais, levando em consideração a imensidão de unidades fitogeográficas, espécies e condições ambientais a se explorar. Alves e Angyalossy-Alfonso (2000, 2002) avaliaram alguns padrões ecológicos em espécies lenhosas de diversas regiões do Brasil baseados nas características dos anéis de crescimento, elementos de vasos, parênquima axial e radial e fibras. Bosio, Soffiatti e Boeger (2010) registraram variações no comprimento e diâmetro dos vasos e fibras, espessura da parede das fibras, largura e frequência dos raios de *Miconia sellowiana* Naudin em três tipos de vegetação do estado do Paraná. Cosmo (2008) e Cosmo, Kuniyoshi e Botosso (2010) constataram variações na frequência dos vasos, comprimento dos vasos e das fibras de *Sebastiania commersoniana* em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguazu no Paraná. Cosmo (2012) avaliou a anatomia do lenho sob o enfoque ecológico de 19 espécies em remanescentes de Florestas Ombrófilas Densa e Mista também no Paraná. Diferenças no diâmetro e frequência dos vasos e comprimento das fibras foram encontradas em *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg em duas regiões do Rio Grande do Sul (DENARDI; MARCHIORI, 2005).

Pouco também se conhece sobre a anatomia da madeira de espécies de ambientes aluviais (COSMO, 2008), mesmo sendo esses ambientes extremamente importantes ambientalmente e socioeconomicamente. Menos ainda se sabe sobre a variação anatômica do lenho dessas espécies segundo as características ambientais das áreas que essas ocupam.

As respostas ecofisiológicas das espécies aos fatores ambientais refletem na anatomia do lenho, considerando as implicações do xilema nos processos fisiológicos (COSMO, 2008). Segundo o autor, entender essas respostas não apenas permite a compreensão da autoecologia das espécies, como torna possível utilizar a anatomia como uma ferramenta de interpretação dos processos ecológicos das formações aluviais.

2.7 CONTAMINAÇÃO AMBIENTAL OCORRIDA NA ÁREA

Ocorreu em 16 de julho de 2000 na Refinaria Presidente Getúlio Vargas – REPAR, da PETROBRÁS, no município de Araucária, Paraná, o vazamento de cerca de quatro milhões de litros de óleo bruto. A partir do ponto de ruptura, o *scraper* (ponto de ligação do oleoduto com a refinaria) da REPAR, o óleo escoou por uma encosta e atingiu o arroio Saldanha. Ao longo dos 2,25 km de extensão deste arroio, o óleo extravasou o canal, contaminando uma série de banhados aí existentes, até chegar ao rio Barigui, afluente do rio Iguaçu. O óleo foi contido cerca de 40 km à jusante, já no rio Iguaçu, no município de Balsa Nova (MELO *et al.*, 2003).

O efeito negativo desse acidente foi mais significativo junto ao arroio Saldanha. O petróleo contaminou o solo, cursos de águas e as comunidades bióticas dependentes das encostas próximas à conexão dos dutos com o complexo da refinaria (*scrape*), onde ocorreu o vazamento, além dos ambientes ripários adjacentes ao arroio e da extensa várzea antes de sua afluência no rio Barigui (SANTOS, 2005).

Foram realizadas diversas tentativas de descontaminação da área, incluindo a construção de diques para inundação da área, para que, por diferença de densidade, o óleo chegue até a superfície e então seja retirado. Estima-se que cerca de 1 milhão de litros de óleo ainda esteja presente no subsolo da área. Além disso, até hoje parte da área de estudo mantém-se com o lençol freático mais superficial devido à construção dos diques.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÀREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

A área de estudo está localizada na planície do rio Barigui, próximo à Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), pertencente à Empresa de Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRÁS), na porção centro-sul do primeiro planalto paranaense, município de Araucária, PR ($25^{\circ}35'12''$ S e $49^{\circ}20'45''$ W) (FIGURA 1).

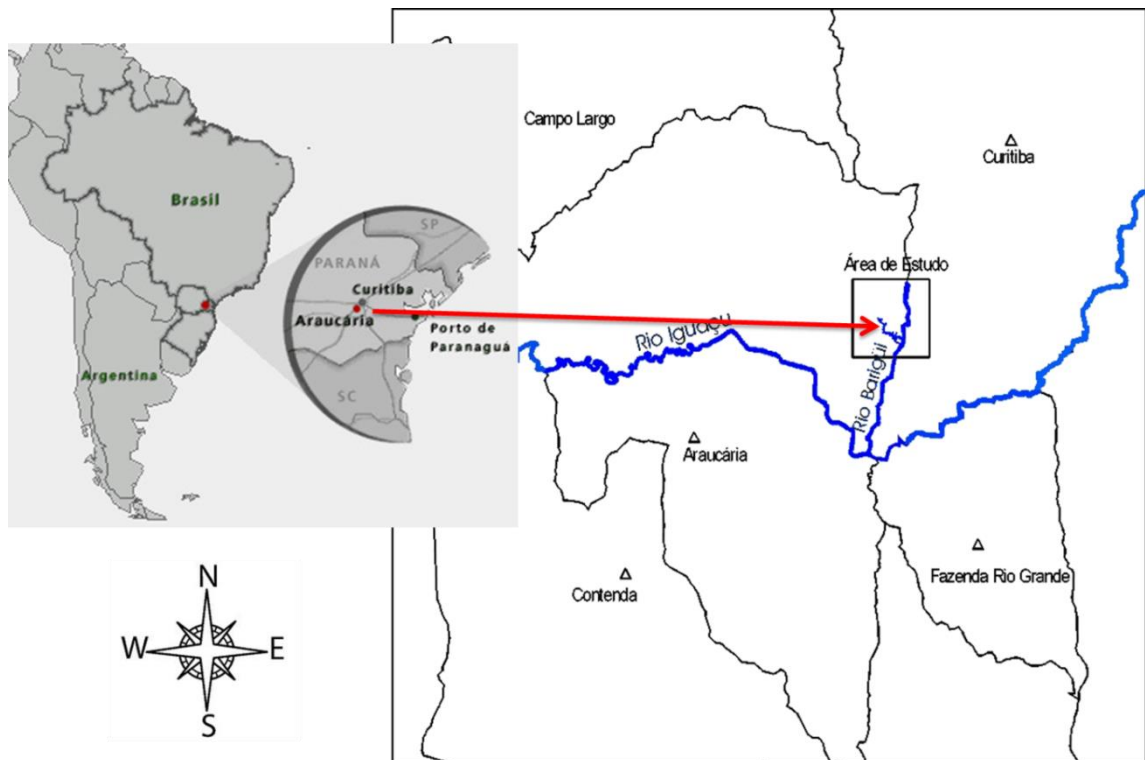


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÀREA DE ESTUDO
 FONTE: Adaptado de Addesi (2013) e Barddal (2002)

3.2 GEOLOGIA

A área de estudo está inserida no primeiro planalto paranaense, cujo embasamento é formado principalmente por rochas de alto grau metamórfico e por intrusões granitóides de composição variada (MINEROPAR, 1989).

A região é caracterizada por três unidades litológicas diferentes (FIGURA 2): o Complexo Granulítico-Migmatítico, a Formação Guabirotuba da Bacia de Curitiba e os Depósitos Recentes (MINEROPAR, 1997).

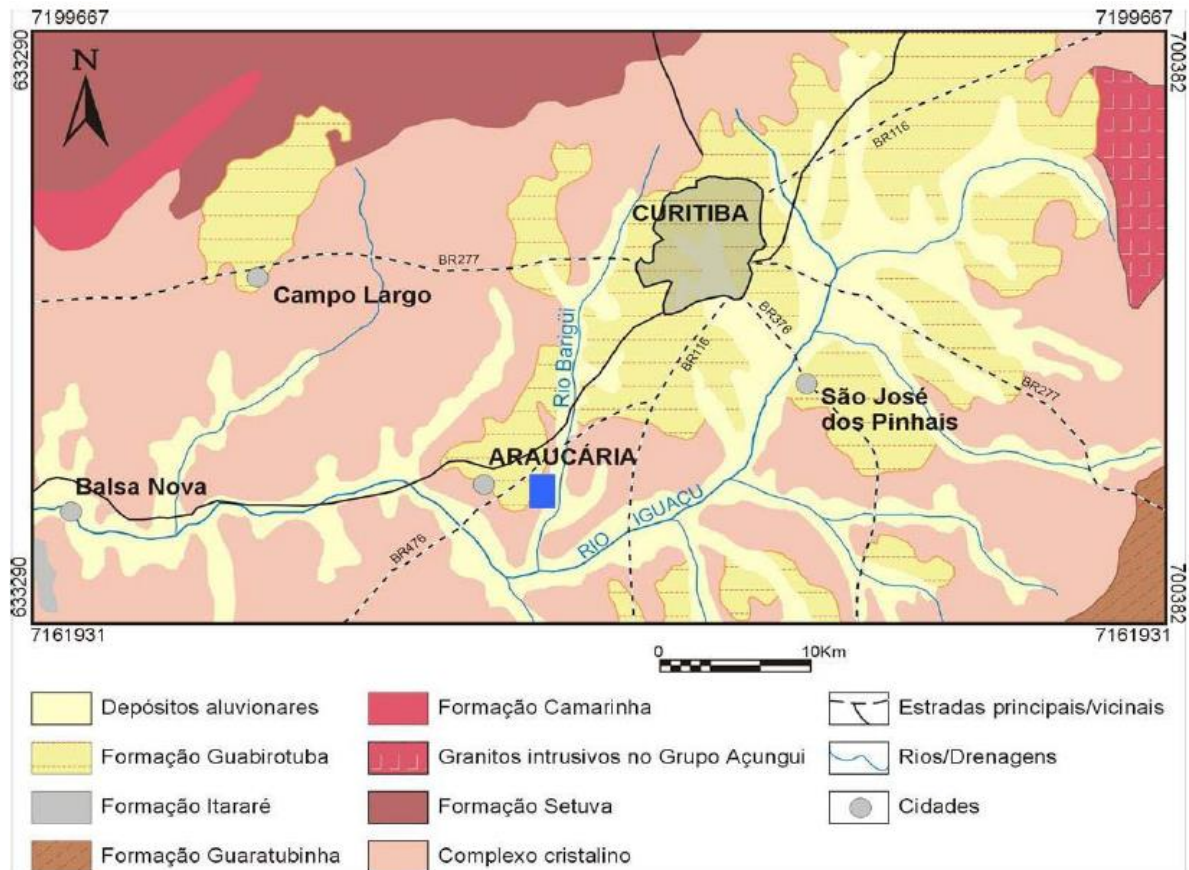


FIGURA 2 – MAPA GEOLÓGICO REGIONAL NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR
 FONTE: MÔNACO; ZIR FILHO; TRAMONTINA² (1974 *apud* MELO, 2006)

O complexo Granulítico-Migmatítico é constituído por migmatitos com paleossoma de biota gnaisses, biota-hornblenda gnaisses e hornblenda gnaisses. Ocorrem intercalações de quartzitos, rochas metamórficas e meta-ultramáficas, localmente com veios de quartzo e zonas de alteração hidrotermal. Representam o embasamento para os sedimentos da Formação Guabirotuba (MINEROPAR, 1997).

A Formação Guabirotuba representa os sedimentos da Bacia de Curitiba, formados provavelmente durante o Pleistoceno. Essa formação constitui um conjunto de leques aluviais e de depósitos fluviais cuja espessura máxima raramente

² MÔNACO, O. A.; ZIR FILHO, J. A.; TRAMONTINA, H. C. **Carta geológica do Brasil ao milionésimo**. Folha Assunción (SG-21) e Folha Curitiba (SG-22). Brasília: Departamento Nacional de Produção Mineral, 1974.

ultrapassa os 60 m. A origem da Bacia de Curitiba está associada ao soerguimento da Serra do Mar. É caracterizada por sedimentos pouco consolidados, formados em clima semi-áridos a úmidos, como resultado do extenso manto de intemperismo desenvolvido sobre as litologias pré-cambrianas. Os sedimentos da Formação Guabirota consistem em argilas, arcósios, margas, areias e cascalhos (BIGARELLA; SALAMUNI, 1962). Ainda, estudos recentes como o de Lopes e Chodur (1999), relatam que a Formação Guabirota é formada por depósitos cineríticos, originados de atividade vulcânica no final do Mesozóico.

Os Depósitos Recentes são constituídos principalmente por sedimentos arenosos e aluviões fluviais. Os depósitos aluvionares fluviais são cascalhos e areias de granulometria de média a grossa, com seixos subarredondados e subangulos de quartzo, gradando para areia, areia com matriz argilosa e argila plástica cinza no topo (BIGARELLA; SALAMUNI, 1962).

3.3 SOLOS

A área está localizada em uma planície aluvial, em que o solo dominante é de origem alúvio-coluvionar, formado por sedimentos de fina granulometria, denominado Gleissolo Háptico e Melânico (BARDDAL, 2002; SOCHER, 2004).

Os Gleissolos são caracterizados como solos hidromórficos, constituídos por material mineral, apresentando horizonte glei dentro dos primeiros 50 centímetros da superfície. Os solos dessa classe são permanente ou periodicamente saturados por água e, geralmente, desenvolvem-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais alúvio-coluvionares sujeitos a condições de hidromorfia. Possuem grande quantidade de argila, tendo consistência muito dura quando secos e muito plástica e pegajosa quando molhados, tendo baixas porosidade e condutividade hídrica (EMBRAPA, 2006).

Segundo Longhi-Santos (2013), a saturação hídrica faz com que o solo tenha baixa permeabilidade, podendo apresentar acúmulo de água na superfície, o que pode impor seletividade às espécies arbóreas. Sobre esses solos, ocorrem vegetação hidrófila ou higrófila herbácea, arbustiva ou arbórea (BARDDAL, 2002; SOCHER, 2004).

3.4 CLIMA

O clima é do tipo Cfb (Köppen), caracterizado por ser temperado, sem estação seca definida e verões brandos, sendo típico do planalto meridional brasileiro (BARDDAL, 2002; SOCHER, 2004).

As chuvas são bem distribuídas anualmente e o inverno frio (FIGURA 3). A média de precipitação para a região, considerando-se uma série histórica de 1961-2011, é de 1.490 mm/ano, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso (média de 198 mm) e o mês de agosto, o mais seco (média de 75 mm). A temperatura média das máximas é de 23,4 °C, temperatura média das médias, 18,2 °C, e temperatura média das mínimas, de 13,0 °C (INMET, 2012).

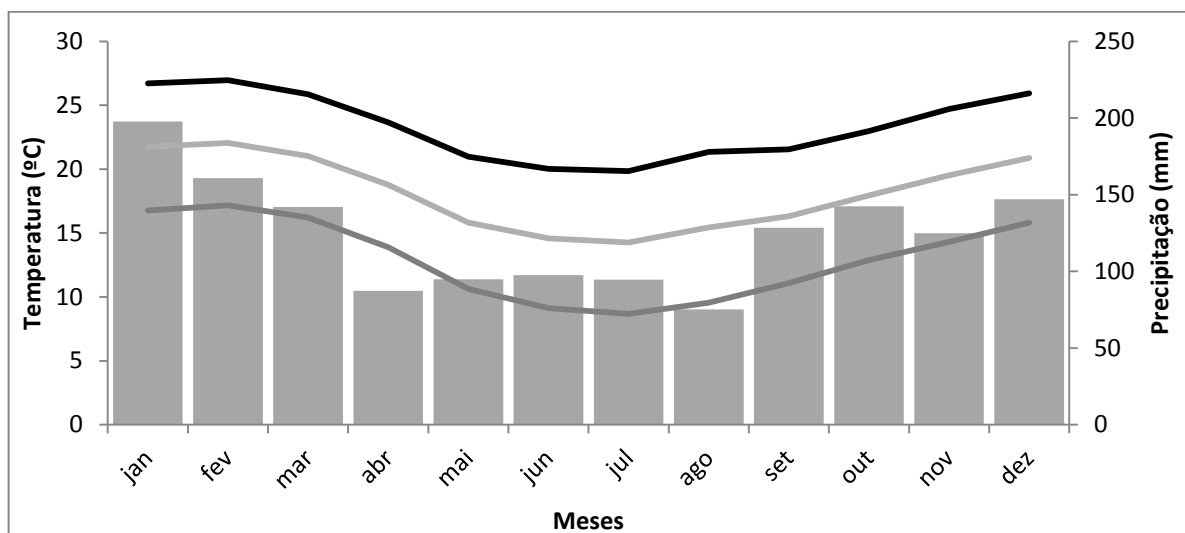


FIGURA 3 – CLIMATOGRAMA MENSAL DE PRECIPITAÇÃO (BARRAS) E TEMPERATURA (LINHAS) PARA O PERÍODO DE 1961 A 2011, PARA A REGIÃO DE CURITIBA
 FONTE: O autor (2013) a partir de dados do INMET (2012)

3.5 HIDROGRAFIA

O principal corpo d'água no local é o rio Barigui, que nasce na região norte do município de Almirante Tamandaré, cortando a cidade de Curitiba e servindo como divisa com o município de Araucária, de onde segue para desaguar no rio Iguaçu. É considerado um dos principais afluentes de margem direita no terço

superior do rio Iguaçu (SOCHER, 2004). Nesse trecho, o rio Barigui teve seu curso retificado em meados da década de 60, por ação do Departamento Nacional de Obras de Saneamento, visando propiciar maior vazão e minimizar o efeito de enchentes. Essa iniciativa descaracterizadora é comum nas planícies do primeiro planalto paranaense (BARDDAL, 2002; SOCHER, 2004).

No local também existe o arroio Saldanha, pequeno tributário com pouco mais de 2,2 km de extensão em linha reta, que corta a área de estudo em direção ao rio principal, além de um dreno linear aberto até a grande várzea existente (BARDDAL, 2002; SOCHER, 2004).

3.6 VEGETAÇÃO

A vegetação natural pertence à classificação de Floresta Ombrófila Mista Aluvial. De acordo com Barddal (2002) e Socher (2004), apesar da grande modificação sofrida na área da refinaria, sobretudo nos interflúvios, a vegetação encontra-se em bom estado de conservação, mantendo, em grande parte, as características típicas da FOMA.

Nas planícies em que os solos permanecem saturados por período significativo, predominam Formações Pioneiras com Influência Fluvial, conhecidas popularmente como várzeas, tendo cobertura herbácea em situações de má drenagem (BARDDAL, 2006). A cobertura arbórea ocorre em situações de drenagem imperfeita, com o predomínio da espécie *S. commersoniana*, além da ocorrência de outras espécies que suportam condições de hidromorfia, como *Allophylus edulis* (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Nederl., *Blepharocalyx salicifolius* (Kunth) O.Berg e *Schinus terebinthifolia* Raddi.

Há um avanço crescente na área de indivíduos de espécies exóticas invasoras, como a *Hovenia dulcis* e *Ligustrum lucidum*. Muitos desses indivíduos já se estabeleceram na área, competindo com os indivíduos das espécies nativas por nutrientes, água e luz.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADESI. **Localização do município de Araucária, PR.** Disponível em: <http://www.adesi.com.br/index1.php?pagina=fale>. Acesso em 22 de julho de 2013.
- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, Leiden, v. 21, n. 1, p. 3-30, 2000.
- ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. 2. Axial parenchyma, rays and fibres. **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, n. 4, p. 391-418, 2002.
- ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de Florestas Ombrófilas Mista e Densa do estado do Paraná:** aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos. 56 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- ARAGÓN, R.; GROOM, M. Invasion by *Ligustrum lucidum* (Oleaceae) in NW Argentina: early stage characteristics in different habitat types. **Revista de Biología Tropical**, San José, v. 51, n. 1, p. 59-70, 2003.
- ARAUJO, M. M.; LONGHI, S. J.; BARROS, P. L. C.; BRENA, D. A. Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decidual Ripária em Cachoeira do Sul, RS, Brasil. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, SP, n. 66, p.128-141, 2004.
- ARNOLD, D.H.; MAUSETH, J.D. Effects of environmental factors on development of wood. **American Journal of Botany**, New York, n. 86, p. 367-371, 1999.
- BAAS, P. Systematic, phylogenetic and ecological wood anatomy: History and perspectives. In: BAAS, P. **New perspectives in wood anatomy**. Minnesota: The Hague Martinus Nijhoff Publishers, p. 23-58, 1982.
- BAAS, P. Ecological patterns in xylem anatomy. In: GIUNISH, T. J. **On the economy of plant form and function**. Cambridge: Cambridge University press, p. 327-352, 1986.

BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, F. H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 8, n. 3, p. 245-274, 1987.

BAAS, P.; WHEELER, E. A. Wood anatomy and climate change. In: HODKINSON, T. R.; JONES, M. B.; WALDREN, S.; PARNELL, J. A. N. **Climate change, ecology and systematics**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 141-155, 2011.

BAAS, P.; WHEELER, E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 4, p. 141-159, 1983.

BARDDAL, M. L. **Aspectos florísticos e fitossociológicos do componente arbóreo-arbustivo de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial – Araucária, PR**. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

BARDDAL, M. L. **A influência da saturação hídrica na distribuição de oito espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista Aluvial do rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 114 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

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.

BIGARELLA, J. J.; SALAMUNI, R. **Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba (Contribuição à geologia geral)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1962. 164 p. (Boletim n. 7).

BOSIO, F.; SOFFIATTI, P.; BOEGER, M. R. T. Ecological wood anatomy of *Miconia sellowiana* (Melastomataceae) in three vegetation types of Paraná state, Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 31, n. 2, p. 179-190, 2010.

BOTOSSO, P. C.; MATTOS, P. P. de. **Conhecer a idade das árvores: Importância e Aplicação**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 2002. 25 p. (Documentos, 75).

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA- FEDELE, L. Les lianes et l'accroissement diamétral des arbres de *Centrolobium tomentosum* Guill. ex Benth. (Caesalpinaceae) au Brésil. **Bois et Forêts des Tropiques**, Paris, v. 284, n. 2, p. 71-75, 2005.

BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de Floresta de Terra Firme (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 3, n. 2, p. 163–180, 1991.

BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO-FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth, Leg. Caesalpinioideae) de Floresta de Terra Firme, em Manaus-AM. In: ROIG, F. A. **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, p. 357-380, 2000.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Portaria ministerial 49 de 06 de fevereiro de 2002. **Proposta do grupo de trabalho preservação e recuperação da Floresta Ombrófila Mista no Estado de Santa Catarina**. Brasília, 06 de fevereiro de 2002. 77 p.

BRASIL. Senado Federal. Decreto nº 2 de 03 de fevereiro de 1994. **Aprova a Convenção da Diversidade Biológica**. Brasília, 03 de fevereiro de 1994. 17 p.

BRINSON, M. M. Riverine forests. In: LUGO, A. E.; BRINSON, M.; BROWN, S. **Ecosystems of the world: Forested wetlands**. Amsterdam: Elsevier Science, p. 87-142, 1990.

BROWN, P. M. **Introduction to dendrochronology lecture 1: Basic terminology and concepts**. Tucson: Rocky Mountain Tree-ring Research, 2003. 21 p.

CAIRNS, J. Increasing diversity by restoring damaged ecosystems. In: WILSON, E. O. **Biodiversity**. Washington: National Academy Press, 1988. p. 333-344.

CALLADO, C. H.; ROIG, F. A.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BARROS, C. F. Cambial growth periodicity studies of South American woody species – A review. **IAWA Journal**, Leiden, v. 34, n. 3, p. 213–230, 2013.

CARDOSO, F. C. G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. M. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant Soil**, Bethlehem, v. 354, n. 1/2, p. 269–281, 2012.

CARLQUIST, S. **Ecological strategies in xylem evolution**. Los Angeles: University of California Press, 1975. 259 p.

CARVALHO, P. E. R. **Ecologia, silvicultura e usos da uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* Thunberg)**. Colombo: EMBRAPA Florestas, 1994. 24 p. (Circular Técnica, 23).

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. v. 1. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica, 2003. 1039 p.

CARVALHO, J.; MARQUES, M. C. M.; RODERJAN, C. V.; BARDALL, M.; SOUZA, S. G. A. de. Relações entre a distribuição das espécies de diferentes estratos e as características do solo de uma floresta aluvial no Estado do Paraná, Brasil. **Acta botânica brasílica**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-9, 2009.

CASTELA, P. R.; BRITZ, R. M. **A floresta com Araucária no estado do Paraná**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004. 240 p.

CDB. Convenção da Diversidade Biológica. **A convenção da diversidade biológica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2000. 30 p.

CDB. Convenção da Diversidade Biológica. **Panorama da biodiversidade global**. v. 3. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2010. 94 p.

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSMO, N. L. **Ecologia do lenho de 19 espécies nativas do estado do Paraná**. 55 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

COSMO, N. L.; KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta botânica brasílica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 747-755, 2010.

CURCIO, G. R.; GALVÃO, F.; BONNET, A.; BARDDAL, M. L. Fitotípias em ambiente fluvial do rio Iguaçu e suas relações com padrões geomórficos e tipos de solos. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 516-518, 2007.

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

DENARDI, L.; MARCHIORI, J. N. C. Anatomia ecológica da madeira de *Blepharocalyx salicifolius* (H. B. K.) Berg. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 119-127, 2005.

DÜNISCH, O. Influence of the El-Niño Southern Oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell in tropical and subtropical Brazil. **Journal of applied botany and food quality**, Halm, v. 79, p. 5–11, 2005.

DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intra-annual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis*, and *Cedrela odorata* (Meliaceae). **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, p. 101–119, 2002.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. **Trees**, Berlin, v. 17, p. 244-250, 2003.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306 p.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de Florestas Estacionais Semidecíduas da região sudeste do estado de São Paulo**. 103 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FERREIRA-FEDELE, L.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; GIANNOTTI, E. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas de região sudeste do estado de São Paulo. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 65, p. 141-149, 2004.

FERREIRA, P. I.; GOMES, J. P.; BATISTA, F.; BERNARDI, A. P.; COSTA, N. C. F. da; BORTOLUZZI, R. L. da C.; MANTOVANI, A. Espécies potenciais para recuperação de Áreas de Preservação Permanente no Planalto Catarinense. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, n. 20, v. 2, p. 173-182, 2013.

FIGUEIREDO FILHO, A.; HUBIE, S. do R.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. de; 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**, Guarapuava, v. 5, n. 1, p. 69-84, 2003.

FIGUEIREDO-FILHO, A.; RODE, R.; FIGUEIREDO, D. J. de; MACHADO, S. do A. Seasonal diameter increment for 7 species from an Ombrophyllous Mixed Forest, Southern state of Paraná, Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 3, p. 527-543, 2008.

GÄRTNER, H., LUCCHINETTI, S., SCHWEINGRUBER, F.H. New perspectives for wood anatomical analysis in Dendrosciences: The GSL1-microtome, **Dendrochronologia**, Jena, 2013. (No prelo).

GOMES, J. F.; LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; BRENA, D. A. Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 93-107, 2008.

HALL, R. C. A vernier tree-growth band. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 42, p. 742-743, 1944.

HIENDRICH, I. **Dendroclimatology of *Toona ciliata***. 235 p. Thesis (PhD in Management Resources and Environmental Science) - School of Resources, Environment and Society, Australian National University, Canberra, 2004.

HIENDRICH, I., GÄRTNER, H., MONBARON, M. Tension wood formed in *Fagus sylvatica* and *Alnus glutinosa* after simulated mass movement events. **IAWA Journal**, Leiden, v. 28, p. 39-48, 2007.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest Mensuration**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 10 de dezembro de 2012.

IURK, M. C. **Levantamento florístico de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial do Rio Iguaçu, município de Palmeira, PR.** 102 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

IURK, M. C.; SANTOS, E. P. dos; DLUGOSZ, F. L.; TARDIVO, R. C. Levantamento florístico de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial do Rio Iguaçu, município de Palmeira (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 39, n. 3, p. 605-617, 2009.

ISERNHAGEN, I. **A fitossociologia florestal no Paraná e os programas de recuperação de áreas degradadas:** uma avaliação. 134 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2001.

KAENNEL; M.; SCHWEINGRUBER, F. H. **Multilingual glossary of dendrochronology:** terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research; Berne: Paul Haupt Publisher, 1995. 467 p.

KANIESKI, M. R.; LONGHI-SANTOS, T. L.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 17-25, 2012.

KANIESKI, M. R.; LONGHI-SANTOS, T. L., MILANI, J. E. DE F.; MIRANDA, B. P.; GALVÃO, F., BOTOSSO, P. C., RODERJAN, C. V. Crescimento Diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* em Remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 197-206, 2013.

KEDROV, G. B. Functioning Wood. **Wulfenia Journal**, Klagenfurt, n. 19, p. 57-95. 2012.

KERSTEN, R. A.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Epífitas vasculares em duas formações ribeirinhas adjacentes na bacia do rio Iguaçu – Terceiro Planalto Paranaense. **Iheringia**, Porto Alegre, Série Botânica, v. 64, n. 1, p. 33-43, 2009.

KERSTEN, R. A.; SILVA, S. M. Florística e estrutura do componente epifítico vascular em floresta ombrófila mista aluvial do rio Barigui, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-267, 2002.

KLEIN, R.M.; HATSCHBACH, G. Fitofisionomia e notas complementares sobre o mapa fitogeográfico de Quero-Quero (Paraná). **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n. 28/29, p. 159-188, 1970/1971.

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. **Revista brasileira de botânica**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 305-312, 1998.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LANGE, F. L. P. **Iguaçu: um caminho pelo rio**. Curitiba: Juruá, 2005. 200 p.

LEITE, P. F. **As diferentes unidades fitogeográficas da região sul do Brasil: proposta de classificação**. 160 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

LIMA, T. E. de O.; HOSOKAWA, R. T.; MACHADO, S. do A. Fitossociologia do componente arbóreo de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Guarapuava, Paraná. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 3, p. 553-564, 2012.

LIMING, F.G. Homemade dendrometer. **Journal of Forestry**, Bethesda, v. 55, p. 575, 1957.

LISI, C. S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LONGHI-SANTOS, T. **Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná, Brasil**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

LONGHI, S. J. L.; BRENA, D. A.; GOMES, J. F.; NARVAES, I. da S.; BERGER, G.; SOLIGO, A. J. Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 113-125, 2006.

LOPES, O. F.; CHODUR, N. L. Associação Vulcânica Campo Alegre-Guaratubinha-Guabirotuba (PR-SC). In: Simpósio Sobre Vulcanismo e Ambientes Associados, 1, 1999, Gramado, RS. **Anais...** Gramado, 1999. p. 36-37.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 2. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 368 p.

MAE - Millennium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis**. Washington: Island Press, 2005. 137 p.

MANTOVANI, W. Conceituação e fatores condicionantes. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1, 1989, São Paulo. **Anais...** Campinas: Ed. Fundação Cargil, 1989. p. 11-19.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de Florestas Estacionais Semidecíduais**. 126 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MATTOS, P. P.; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração de crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, 2010.

MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T. dos; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista do município de Candói, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 54, p. 153-156, 2007a.

MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T. dos; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Crescimento de *Araucaria angustifolia* na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador, SC. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n. 55, p. 107-114, 2007b.

MELO, C. L. **Evolução da contaminação na área do vazamento de óleo cru na REPAR (2000)**: estudo do sistema “Banhado 4” e aplicação do método de polarização induzida na investigação de biodegradação de hidrocarbonetos. 316 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MELO, C. L.; BASTOS NETO, A. C.; CAICEDO, N. O .L.; SCHWARZ, M. R. Contaminação do lençol freático pelo vazamento de óleo na Refinaria Presidente Getúlio Vargas - REPAR, município de Araucária, Paraná. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v.8, n.1, p.13-19, 2003.

MILANI, J. E. de F. **Comportamento fenológico de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial**. 103 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S. A. **Mapa geológico do estado do Paraná**. Curitiba: DNPM – MINEROPAR, 1989.

MINEROPAR. Minerais do Paraná S. A. **Mapeamento geológico-geotécnico**. Folhas COMEC A100, A103 e A093 (parcial). Curitiba: DNPM – MINEROPAR, 1997.

MUNARETO, F. F. **Dendroclimatologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F. Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 45, p. 41-55, 2002.

OLIVEIRA, J. M. de. **Anéis de crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze**: Bases de dendroecologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. 139 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Centro de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre, 2007.

OVERDIECK, D., ZICHWE, D., BÖTTCHER-JUNGCLAUS, K. Temperature responses of growth and wood anatomy in European beech saplings grown in different carbon dioxide concentrations. **Tree Physiology**, Victoria, v. 27, p. 261-268, 2007.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná. Portaria IAP nº 074, de 22 de maio de 2007. **Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras para o estado do Paraná, estabelece normas de controle e dá outras providências**. Curitiba, 22 de maio de 2007. 8 p.

PASDIORA, A. L. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ripária em dois compartimentos ambientais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 49 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

PROBIO. Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. **Levantamento da Cobertura Vegetal Nativa do Bioma Mata Atlântica**. Relatório Final. 2007. 84 p.

REITZ, R., KLEIN, R. M., REIS, A. **Projeto Madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí: H.B.R., SUDESUL, DRNR, 1983. 525 p.

RIESEMBERG, A. 90 anos de navegação a vapor do Rio Iguaçu e Negro. **Boletim do Instituto Histórico, Geográfico e Etnográfico Paranaense**, Curitiba, v. 18, 1973. 74 p.

RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; HATSCHBACK, G. As unidades fitogeográficas do Estado do Paraná. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 24, p. 75-92, 2002.

RODRIGUES, T. T. **Os efeitos do solo contaminado com petróleo na estrutura anatômica e estado nutricional do lenho jovem de *Campomanesia xanthocarpa* Berg (Myrtaceae) e *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae)**. 154 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

ROZENDAAL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees**, Berlin, v. 25, p. 3-16, 2011.

SANTOS, G. de O. **Crescimento, nutrição e estrutura do lenho juvenil de três espécies florestais com potencial de fitorremediação em solos contaminados com petróleo**. 179 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

SCHNITZLER, A. River dynamics as a forest process: interaction between fluvial systems and alluvial forests in large european river plains. **The Botanical Review**, Bronx, v. 63, n. 1, p. 40-64, 1997.

SCHUMACHER, M. V.; BRUN, E. J.; ILLANA, V. B.; DISSIUTA, S. I.; AGNE, T. L. Biomassa e nutrientes em um povoamento de *Hovenia dulcis* Thun., plantado na

Fepagro Florestas, Santa Maria, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 27-37, 2008.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Three rings and environment: Dendroecology**. Berna: Paul Haupt Publishers, 1996. 609 p.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Wood structure and environment**. Heidelberg: Springer Series in Wood Science, 2007. 279 p.

SHIMAMOTO, C. Y. **Estimativa do crescimento e acúmulo de biomassa em espécies arbóreas, como subsídio a projetos de restauração da Mata Atlântica**. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, A. J. C.; NOGUEIRA, A. C. A.; CARPANEZZI, A. GALVÃO, F.; KOZERA, C.; KUNIYOSHI, Y. S. Banco de sementes em fragmentos de Floresta Ombrófila Mista Aluvial - municípios de Araucária e Balsa Nova, PR. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8, 2007, Caxambu, MG. **Anais...** Caxambu: SEB, 2004.

SILVA, R. P. da; NAKAMURA, S.; AZEVEDO, C. P. de; CHAMBERS, J.; ROCHA, R. de M.; PINTO, A. C. M.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do rio Cuieiras. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n. 1, p. 67-84, 2003.

SILVA, S. M.; SILVA, F. C.; VIEIRA, A. O. S.; NAKAJIMA, J. N.; PIMENTA, J. A.; COLLI, S. Composição florística e fitossociológica do componente arbóreo das florestas ciliares da bacia do Rio Tibagi: 2. Várzea do Rio Bitumirim, município de Ipiranga, PR. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 5, n.1, p. 191-198, 1992.

SILVA-WEBER, A. J. C.; NOGUEIRA, A. C. A.; CARPANEZZI, A. GALVÃO, F.; WEBER, S. H. Composição florística e distribuição sazonal do banco de sementes em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Araucária, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 70, p. 193-207, 2012.

SOCHER, L. G. **Dinâmica e biomassa aérea de um trecho de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária, Paraná**. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SOCHER, L. G.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. Biomassa aérea de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 245-252, 2008.

SPATHELF, P.; FLEIG, F. D.; VACCARO, S.; ESBER, L. M. Análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees (canela-lageana) na serra geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 95-108, 2000.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **Tree-ring dating**. Tucson: University of Arizona Press, 1996. 71 p.

TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; LISI, C. S. Análise e aplicação dos anéis de crescimento das árvores como indicadores ambientais: dendrocronologia e dendroclimatologia. In: MAIA, N. B.; MARTOS, H. L.; BARELLA, W. **Indicadores ambientais: conceitos e aplicações**. São Paulo: EDUC, p. 117-143, 2001.

VAZ, M.; COCHARD, H.; GAZARINI, L.; GRAÇA, J.; CHAVES, M. M.; PEREIRA, J.S. Cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings acclimate to elevated CO₂ and water stress: photosynthesis, growth, wood anatomy and hydraulic conductivity. **Trees**, Berlin, v. 26, p. 1145-1157, 2012.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991, 124 p.

VERHEYDEN, A., DE RIDDER, F., SCHMITZ, N., BEECKMAN, H., KOEDAM, N., High-resolution time series of vessel density in Kenyan mangrove trees reveal a link with climate. **New Phytologist**, London, v. 167, p. 425–435, 2005.

VITOUSEK, P. M.; D'ANTONIO, C. M.; LOOPE, L. L.; REJMANEK, M.; WESTERBROOKS, R. Introduced species: a significant n-caused global change. **New Zealand Journal of Ecology**, Christchurch, v. 21, n. 1, p. 1-16, 1997.

WANDSCHEER, A. C. D.; BORELLA, J.; BONATTI, L. C.; PASTORINI, L. H. Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 25-30, 2011.

WATZLAWICK, L. F.; VULCANIS, L.; SAQUETTA, C. R.; NUTTO, L. Perspectivas de manejo de capororoca (*Myrsine umbellate* Mart.) utilizando análise retrospectiva. **Ambiência**, Guarapuava, v. 1, n. 1, p. 71-82, 2005.

WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees - a review. **IAWA Journal**, Lieben, v. 16, n. 4, p. 337–351, 1995.

WRI. World Resources Institute. **World Resources 1998–1999**. New York and Oxford: Oxford University Press, 1998. 370 p.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.

ZILLER, S. R.; ZALBA, S. M.; ZENNI, R. D. **Modelo para o desenvolvimento de uma estratégia nacional para espécies exóticas invasoras**. Programa de Espécies Exóticas Invasoras para a América do Sul - The Nature Conservancy. 2007. 56 p.

4 INCREMENTO DIÂMÉTRICO DO TRONCO DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs E DE DUAS ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS EM REMANESCENTE DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR

RESUMO

Esse estudo tem como objetivo avaliar a periodicidade do incremento em diâmetro do tronco de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs (Euphorbiaceae) e de duas espécies arbóreas exóticas invasoras, *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) e *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton. (Oleaceae), em remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial (FOMA) localizado em Araucária, Região Metropolitana de Curitiba. Para tanto, foram selecionados, em fase adulta, indivíduos de *S. commersoniana* do dossel (n=44) e do sub-bosque (n=9), indivíduos de *L. lucidum* também do dossel (n=6) e sub-bosque (n=2) e indivíduos apenas do dossel para *H. dulcis* (n=8). Foram instaladas cintas dendrométricas permanentes de aço na altura do DAP (diâmetro à altura do peito) em todos os indivíduos, os quais foram monitorados mensalmente, de julho de 2009 a junho de 2012. Foram calculados os incrementos correntes mensais médios (ICM) e incrementos correntes anuais (ICA) e esses correlacionados com variáveis meteorológicas (precipitação e temperatura). As espécies exóticas e os indivíduos do dossel apresentaram incremento superior à espécie nativa e aos indivíduos de sub-bosque. *S. commersoniana* apresentou crescimento bastante baixo e com pouca variação ao longo do ano, apresentando valores levemente superiores nos meses mais quentes. *H. dulcis* apresentou crescimento vigoroso ao longo dos meses, diminuindo este de abril a junho. *L. lucidum* apresentou comportamento similar, diminuindo seu crescimento nos meses mais frios, principalmente de maio a julho. Correlações significativas do incremento foram obtidas com a temperatura, resultado observado também com a precipitação para quase todas as espécies, mostrando que o crescimento está, em grande parte, condicionado às condições meteorológicas. As informações geradas podem fornecer subsídios para futuros projetos de conservação da área em estudo e de áreas similares no Sul do Brasil.

Palavras-chave: cinta dendrométrica, Floresta com Araucária, espécie invasora.

DIAMETRIC INCREMENT IN TRUNK OF *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs AND THE TWO INVASIVE EXOTIC SPECIES IN ALLUVIAL MIXED RAIN FOREST REMNANT IN ARAUCÁRIA, PR

ABSTRACT

This study aims to evaluate the periodicity of trunk diameter increment of *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs (Euphorbiaceae) and the two invasive exotic tree species, *Hovenia dulcis* Thunb. and *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton. (Oleaceae), in a remnant area of Alluvial Mixed Rain Forest located in Araucaria, Metropolitan Region of Curitiba. For that, were selected, in adult stadium, individuals of *S. commersoniana* from canopy (n=44) and understory (n=9), individuals of *L. lucidum* also from canopy (n=6) and understory (n=2) and individuals only from canopy for *H. dulcis* (n=8). Permanent dendrometric steel bands were installed in the height of DBH (diameter at breast height) in all individuals, which were monitored monthly, from July 2009 to June 2012. The average monthly increments currents (ICM) and current annual increments (ICA) were calculated and these correlated with meteorological variables (precipitation and temperature). Exotic species and individuals of the canopy presented increment higher than native species and individuals in the understory. *S. commersoniana* showed very low growth, with little variation throughout the year, with values slightly higher in the warmer months. *H. dulcis* showed vigorous growth over the months, slowing the growth from April to June. As *L. lucidum*, which also decreases its growth in the colder months, especially from May to July. Significant correlations were obtained between the increment diameter and temperature. Similar results were also obtained for precipitation, showing growth of the species is, in mostly, conditioned by the meteorological conditions. The information generated can provide insights for future conservation of the study area and the similar areas in South of Brazil.

Keywords: dendrometric bands, Araucaria Forest, invasive species.

4.1 INTRODUÇÃO

As florestas ripárias, também chamadas de florestas de galeria ou ciliares, exercem importante função na estabilidade do regime hídrico das planícies sujeitas a inundações periódicas, decorrentes do transbordamento dos rios em ocasiões de máximas pluviométricas (SOCHER; RODERJAN; GALVÃO, 2008).

Devido à grande importância da manutenção da qualidade ambiental e dos processos ecológicos nas áreas ciliares, são definidas segundo o Código Florestal vigente (BRASIL, 2012) como Áreas de Preservação Permanente (APP), as quais não deveriam ser ocupadas para que se mantivessem as suas funções ambientais.

O remanescente de floresta aluvial no âmbito de Floresta Ombrófila Mista existente na área da Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), unidade da Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), no município de Araucária, PR, banhado pelo rio Barigui, sofre as consequências da larga ocupação urbana ao seu redor, bem como do vazamento de quatro milhões de litros de óleo bruto que atingiu essa área no ano de 2000.

Não bastasse a pressão antrópica, as espécies nativas nos remanescentes florestais existentes progressivamente estão perdendo espaço por meio da competição com espécies exóticas que estão se estabelecendo no local, comprometendo também a função ecossistêmica no ambiente.

Quando introduzidas em locais onde não ocorrem naturalmente, as espécies exóticas, na maioria das vezes, não encontram competidores ou predadores e, conseqüentemente, têm sua ocupação e multiplicação facilitada, o que acaba ameaçando a permanência de espécies nativas, principalmente em ambientes degradados (SMA, 2009).

Segundo a Portaria nº 95/2007 do IAP (PARANÁ, 2007), as espécies *Hovenia dulcis* Thunb. e *Ligustrum lucidum* W.T.Aiton são classificadas como exóticas invasoras para o estado do Paraná. Esse fator pode ser uma ameaça a mais para as espécies nativas existentes na área de estudo, e que traz a necessidade de um maior conhecimento sob os padrões de desenvolvimento e interação das diferentes espécies, exóticas e nativas, assim como obtenção de informações que subsidiem práticas de manejo com vistas à conservação destas áreas.

O crescimento das árvores é influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente (HUSCH, MILLER E BEERS, 1982; LAMPRECHT, 1990) e pelos fatores genéticos das espécies (LAMPRECHT, 1990). As influências ambientais incluem fatores meteorológicos (temperatura, precipitação, vento e insolação), fatores pedológicos (características físicas e químicas, umidade e microorganismos), características topográficas (inclinação, elevação e exposição) e competição (influências de outras árvores, sub-bosque e predação) (LAMPRECHT, 1990).

Inúmeros trabalhos vêm sendo realizados para avaliar a influência das variáveis ambientais no crescimento de espécies tropicais e subtropicais, principalmente variáveis meteorológicas (e.g.: FERREIRA, 2002; KANIESKI *et al.*, 2012; KANIESKI *et al.*, 2013; LONGHI-SANTOS, 2013; MARIA, 2002; MUNARETO, 2007; NUTTO; WATZLAWICK, 2002; SPATHELF *et al.*, 2000), sendo que a precipitação, temperatura e a disponibilidade de água no solo estariam, dentre os fatores observados, os que mais influenciam no crescimento.

Tendo em vista a grande pressão no remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial em Araucária, PR, e a sua importância para manutenção das funções ecológicas no local, esse estudo objetiva avaliar o incremento em diâmetro do tronco da espécie nativa de maior representatividade na área, o branquilha (*Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs - Euphorbiaceae) e das espécies exóticas invasoras uva-do-Japão (*Hovenia dulcis* - Rhamnaceae) e alfeneiro (*Ligustrum lucidum* - Oleaceae), levando em consideração a posição sociológica que os indivíduos ocupam e procurando correlacionar o crescimento com as variáveis meteorológicas de precipitação e temperatura.

Espera-se que haja crescimento diferenciado entre as espécies analisadas, entre os indivíduos do dossel e sub-bosque, e que o crescimento esteja atrelado às variáveis meteorológicas estudadas.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área de estudo

A área de estudo está localizada no município de Araucária, Região Metropolitana de Curitiba-PR. O fragmento florestal está estabelecido em uma planície inundável do Rio Barigui, principal tributário da margem direita do Rio Iguaçu no Primeiro Planalto paranaense, onde os solos hidromórficos são predominantemente dos tipos Gleissolos Hápicos e Melânicos (RESCK; SILVA, 1998). Condição esta, muito diferente das demais formações da Floresta Ombrófila Mista de encosta.

O clima é do tipo Cfb (Köppen), com chuvas bem distribuídas durante o ano, com inverno rigoroso e geadas frequentes. A média de precipitação para a região, considerando-se uma série histórica de 1961-2011, é de 1.490 mm/ano, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso (média de 198 mm) e o mês de agosto, o mais seco (média de 75 mm). A média das temperaturas máximas é de 23,4 °C, a temperatura média, 18,2 °C, e a média das mínimas, de 13,0 °C (INMET, 2012).

Os dados meteorológicos (FIGURA 4) foram obtidos junto ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), tendo como referência informações diárias de uma estação meteorológica da cidade de Curitiba, que dista aproximadamente 20 km da área estudada, o que permitiu uma melhor correlação entre o incremento em diâmetro das espécies e os dados ambientais.

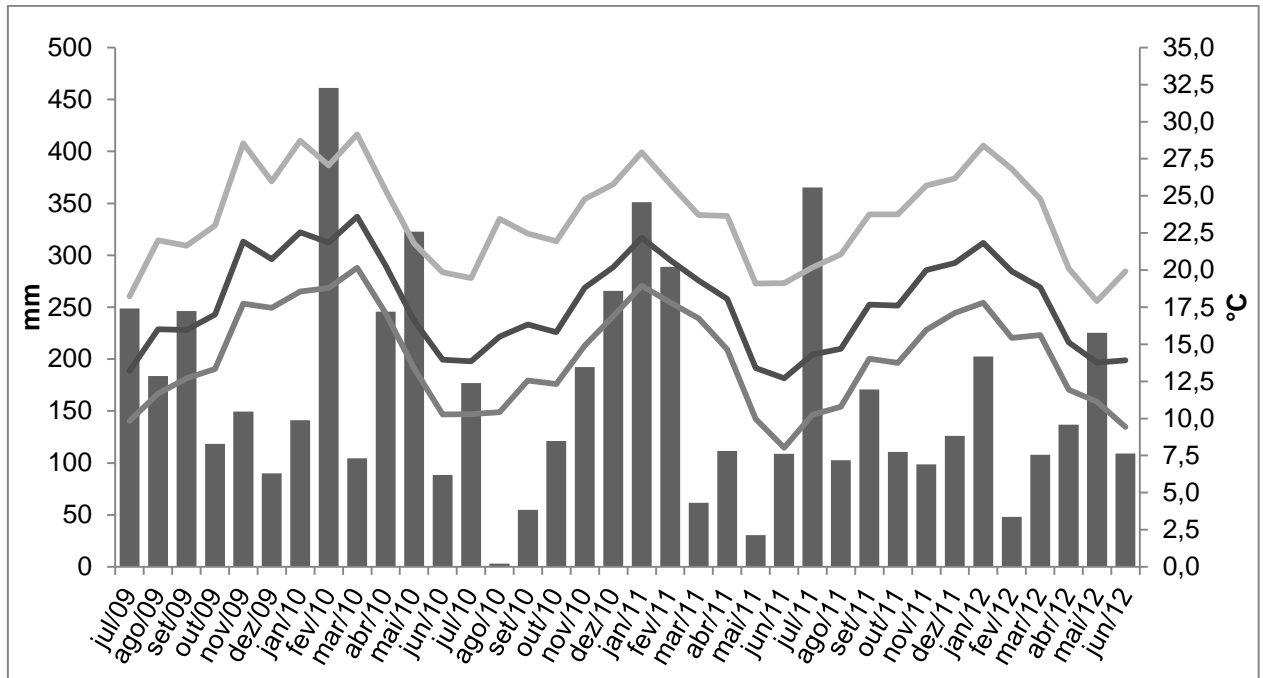


FIGURA 4 – PRECIPITAÇÃO (BARRAS) E TEMPERATURAS MÉDIA, MÍNIMA E MÁXIMA (LINHAS) EM CURITIBA-PR, DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012
 FONTE: O autor (2012) a partir de dados do INMET (2012)

4.2.2 Monitoramento do crescimento diametral

Para acompanhar a periodicidade e a taxa de incremento em diâmetro das espécies, indivíduos foram selecionados e monitorados por meio de cintas dendrométricas, conforme Fahn *et al.* (1981), muito empregados no acompanhamento do crescimento de árvores (ANDREACCI, 2012; BOTOSSO *et al.*, 2005; CARDOSO *et al.*, 2012; FERREIRA-FEDELE *et al.*, 2004; FIGUEIREDO FILHO *et al.*, 2003; GOMES *et al.*, 2008; KANIESKI *et al.*, 2012; KANIESKI *et al.*, 2013; LISI *et al.*, 2008; LONGHI *et al.*, 2006; SHIMAMOTO, 2012; SILVA *et al.*, 2003; ZANON e FINGER, 2010). Este método consiste em fixar à altura do DAP (diâmetro à altura do peito), cintas permanentes, confeccionadas em aço inoxidável (FIGURA 5), com precisão de 0,2 mm, o que permite a leitura contínua e precisa dos incrementos em diâmetro. Estas leituras foram realizadas mensalmente por um período de 36 meses, de julho de 2009 a junho de 2012.



FIGURA 5 – DETALHE DA CINTA DENDROMÉTRICA PERMANENTE, EM AÇO INOXIDÁVEL, COM PRECISÃO DE 0,2 mm
FONTE: O autor (2010)

Para tanto, foram selecionados, em fase adulta, 44 indivíduos do dossel e nove do sub-bosque de *S. commersoniana* e oito indivíduos para cada espécie exótica, sendo do dossel (n=6) e sub-bosque (n=2) para *L. lucidum* e apenas do dossel para *H. dulcis*.

4.2.3 Análise dos dados

Para o período de crescimento, foram calculados os incrementos correntes mensais médios (ICM) e incrementos correntes anuais (ICA) e, esses, correlacionados com as variáveis meteorológicas precipitação, temperatura média, temperatura mínima e temperatura máxima, com o auxílio do aplicativo computacional SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*). Também foram calculados os incrementos acumulados do tronco ao longo do período e esses representados graficamente para melhor comparação entre o incremento das três espécies.

Com a finalidade de verificar as diferenças de crescimento entre *S. commersoniana* e as espécies exóticas, assim como entre os indivíduos do dossel e

os do sub-bosque, foi feita uma Análise de Coordenadas Principais (PCoA) no aplicativo PC-Ord. A PCoA é uma alternativa à Análise de Componentes Principais (PCA), sendo bastante comum em estudos de ecologia por utilizar diversas medidas de distância como Bray-Curtis, Sorensen e Jaccard.

O número de coordenadas para a PCoA foi estabelecido pelo Teste de Randomização (999 vezes) e a distância utilizada foi a de Jaccard. Também foi realizada uma análise de variância (ANOVA) por meio do teste de Scott e Knott em nível de 5% de probabilidade quando houve significância no teste F por meio do aplicativo SISVAR.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.3.1 Incremento em diâmetro do tronco

O incremento em diâmetro foi muito diverso entre as espécies, variando segundo a posição sociológica (dossel ou sub-bosque) e ao fato de ser nativa ou invasora exótica. Nota-se que as taxas de incremento acumulado dos indivíduos das espécies exóticas são bem superiores às dos indivíduos da nativa, havendo diferença significativa entre estes. Da mesma forma, as taxas de incremento dos indivíduos do sub-bosque são menores que as dos indivíduos do dossel para cada espécie, havendo também diferença significativa, como é de se esperar (FIGURAS 6 e 7).

Para as três espécies avaliadas, o período de maior crescimento, tanto para os indivíduos do sub-bosque quanto para os indivíduos do dossel, foi de julho de 2010 a junho de 2011. Ao analisar a FIGURA 4, referente aos dados meteorológicos, é possível verificar que a precipitação foi maior e mais constante no período onde ocorreu o maior incremento das espécies (de outubro de 2010 a fevereiro de 2011), sendo possivelmente esse o motivo para o maior incremento.

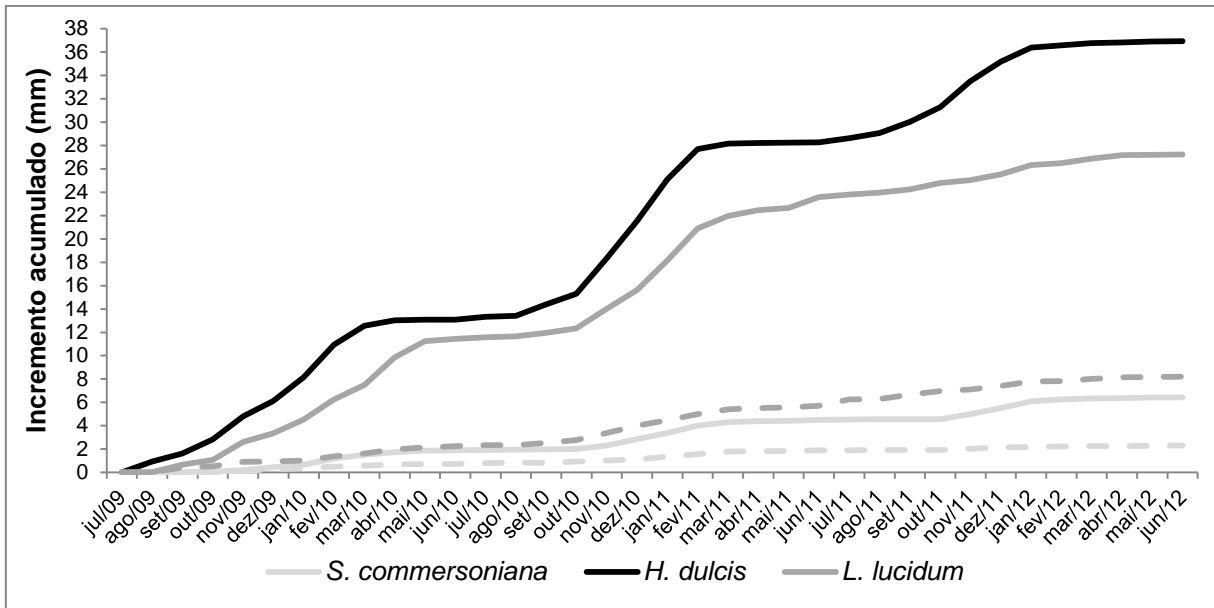


FIGURA 6 – INCREMENTO ACUMULADO EM DIÂMETRO DO TRONCO PARA INDIVÍDUOS DO DOSSEL (LINHA CONTÍNUA) E SUB-BOSQUE (LINHA TRACEJADA) DAS ESPÉCIES *Sebastiania commersoniana*, *Hovenia dulcis* E *Ligustrum lucidum* DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012

FONTE: O autor (2013)

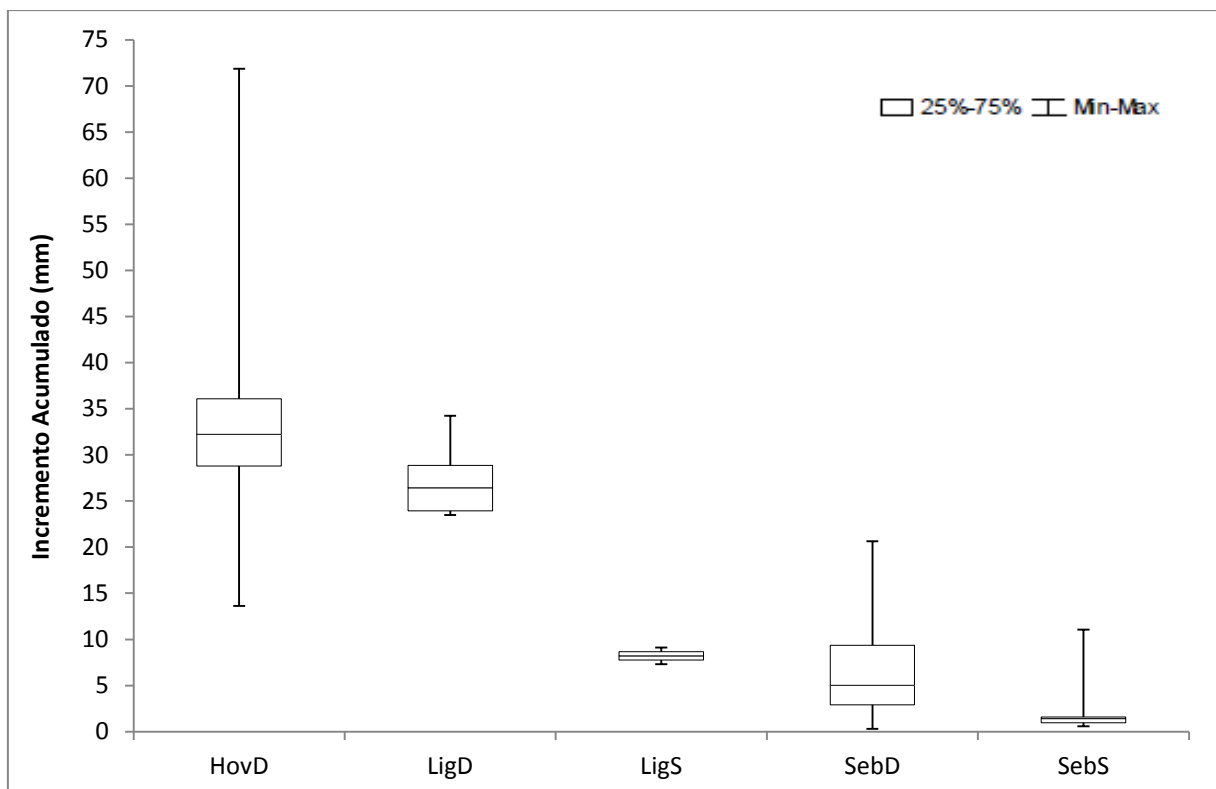


FIGURA 7 – INCREMENTO ACUMULADO EM DIÂMETRO DO TRONCO PARA INDIVÍDUOS ARBÓREOS EM UMA ÁREA DE FOMA NO PERÍODO DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012. HovD = *Hovenia dulcis* do Dossel (n=8); LigD = *Ligustrum lucidum* do Dossel (n=6); LigS = *Ligustrum lucidum* do Sub-bosque; SebD = *Sebastiania commersoniana* do Dossel (n=44); SebS = *Sebastiania commersoniana* do Sub-bosque (n=9)

FONTE: O autor (2013)

A precipitação também pode ter sido o motivo do menor crescimento das espécies no último ano de observação (de julho de 2011 a junho de 2012), onde nota-se um baixo índice pluviométrico (FIGURA 4), principalmente nos meses em que as espécies comumente apresentam maior crescimento.

Ao analisar o incremento em diâmetro do tronco dos indivíduos de *S. commersoniana* (TABELA 1), observam-se diferenças significativas dos indivíduos do dossel e do sub-bosque, mas não houve diferenças significativas entre os anos avaliados. Os indivíduos do dossel iniciam o crescimento no mês de novembro e o mantém até aproximadamente o mês de março. Em abril o incremento diminui e praticamente estabiliza até o mês de outubro. Milani (2013), ao acompanhar o comportamento fenológico das mesmas espécies, observou a existência de dois períodos reprodutivos para *S. commersoniana* de dossel, o primeiro de agosto a novembro e o segundo, de menor intensidade, no mês de fevereiro. Este primeiro período reprodutivo é iniciado antes da retomada do crescimento em diâmetro da espécie (novembro), podendo, assim, configurar uma boa realocação dos recursos disponíveis tanto para os eventos fenológicos quanto para o incremento diamétrico.

TABELA 1 – INCREMENTOS CORRENTES MENSAIS EM DIÂMETRO (mm) DE *Sebastiania commersoniana*, DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012, EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PR

Ano	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	ICA (mm)
2009/2010 D	0,00	0,02	0,02	0,02	0,13	0,27	0,21	0,52	0,33	0,22	0,13	0,02	1,88 a1
2010/2011 D	0,05	0,01	0,04	0,02	0,31	0,53	0,52	0,64	0,30	0,08	0,02	0,09	2,61 a1
2011/2012 D	0,04	0,01	0,02	0,00	0,42	0,53	0,57	0,17	0,08	0,04	0,03	0,02	1,94 a1
2009/2010 S	0,00	0,01	0,01	0,04	0,09	0,11	0,13	0,12	0,08	0,10	0,03	0,01	0,74 a2
2010/2011 S	0,08	0,01	0,01	0,10	0,10	0,11	0,20	0,22	0,22	0,03	0,04	0,04	1,15 a2
2011/2012 S	0,01	0,02	0,01	0,00	0,12	0,11	0,01	0,05	0,03	0,01	0,03	0,01	0,42 a2
ICM D	0,03	0,01	0,03	0,01	0,29	0,44	0,43	0,44	0,24	0,11	0,06	0,04	2,14
ICM S	0,03	0,02	0,01	0,04	0,10	0,11	0,12	0,13	0,11	0,05	0,03	0,02	0,77

D = Dossel (44 indivíduos); S = Sub-bosque (9 indivíduos); ICA = Incremento Corrente Anual; ICM = Incremento Corrente Mensal Médio. Letras e números diferentes representam diferença significativa a um nível de 0,05 de probabilidade segundo o Teste de Scott e Knott, sendo que as letras referem-se aos anos de incremento e os números à posição sociológica.

FONTE: O autor (2013)

Os indivíduos do sub-bosque de *S. commersoniana* apresentaram crescimento bastante baixo, com pouca variação ao longo do ano, apresentando valores de no máximo 0,22 mm de incremento diamétrico nos meses de fevereiro e de março do ano 2012. Gomes *et al.* (2008), ao avaliar o crescimento de espécies

em uma área de Floresta Ombrófila Mista, no Rio Grande do Sul, encontraram resultados semelhantes, com pouca variação no incremento dos indivíduos de *S. commersoniana* ao longo das diferentes estações, com incremento levemente superior no verão, como seria o esperado.

Hovenia dulcis apresentou crescimento vigoroso ao longo dos meses analisados, com um incremento em diâmetro muito superior às demais espécies analisadas. Embora tenha uma diminuição no incremento no último ano avaliado, não houve diferença significativa entre estes (TABELA 2). Essa diminui consideravelmente o crescimento do mês de abril até junho, porém retoma o crescimento já no mês de julho, enquanto *S. commersoniana* o faz apenas depois de novembro. *H. dulcis* apresentou picos de crescimento diferentes ao longo dos três anos, variando entre os meses de novembro, janeiro e fevereiro.

TABELA 2 – INCREMENTOS CORRENTES MENSAIS EM DIÂMETRO (mm) DE *Hovenia dulcis*, DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012, EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PR

Ano	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	ICA (mm)
2009/2010 D	0,00	0,94	0,69	1,19	1,98	1,32	2,02	2,81	1,62	0,47	0,05	0,00	13,10 a
2010/2011 D	0,24	0,08	1,00	0,90	3,03	3,21	3,55	2,58	0,48	0,05	0,04	0,03	15,19 a
2011/2012 D	0,35	0,44	0,95	1,25	2,24	1,66	1,20	0,20	0,20	0,06	0,08	0,03	8,67 a
ICM D	0,20	0,49	0,88	1,11	2,42	2,07	2,26	1,86	0,77	0,19	0,06	0,02	12,32

D = Dossel (8 indivíduos); ICA = Incremento Corrente Anual; ICM = Incremento Corrente Mensal Médio. Letras diferentes representam diferença significativa a um nível de 0,05 de probabilidade segundo o Teste de Scott e Knott.

FONTE: O autor (2013)

As taxas de crescimento de *H. dulcis* são muito altas, sendo que nos meses de verão o incremento mensal da espécie chegou a ser maior que o incremento médio anual de *S. commersoniana*. Os baixos valores de incremento registrados para a espécie nativa, quando comparados a *H. dulcis*, podem ser, em parte, atribuídos aos dois períodos reprodutivos que esta apresenta (MILANI, 2013).

Segundo Rodolfo *et al.* (2008), essa espécie, que é muito rústica e cresce rapidamente, tem invadido áreas de florestas, onde disputa luz, nutrientes, espaço e fauna dispersora com as nativas. Esse desempenho, em parte, justifica o estabelecimento e expansão desta espécie nos ambientes ripários paranaenses, o que deve representar uma preocupação a mais na manutenção dos poucos remanescentes minimamente conservados da região.

Ligustrum lucidum apresentou crescimento diferenciado de acordo com a posição sociológica dos indivíduos, tendo de forma geral, os do dossel, crescimento mais expressivo que os do sub-bosque, embora não tenha havido diferença significativa (TABELA 3). O menor incremento dos indivíduos do sub-bosque é justificado pelo fato de a espécie ser pioneira, ter características de rápido crescimento e dominar o dossel da floresta. Os indivíduos do sub-bosque, que não encontram essas condições, acabam tendo seu crescimento bastante prejudicado.

TABELA 3 – INCREMENTOS CORRENTES MENSAIS EM DIÂMETRO (mm) DE *Ligustrum lucidum*, DE JULHO DE 2009 A JUNHO DE 2012, EM UMA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, PR

Ano	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr	mai	jun	ICA (mm)
2009/2010 D	0,00	0,05	0,62	0,40	1,55	0,73	1,17	1,75	1,21	2,36	1,40	0,19	11,43 a1
2010/2011 D	0,14	0,08	0,31	0,37	1,68	1,62	2,53	2,74	1,05	0,52	0,18	0,92	12,14 a1
2011/2012 D	0,23	0,16	0,27	0,55	0,25	0,51	0,77	0,17	0,40	0,30	0,02	0,03	3,67 a1
2009/2010 S	0,00	0,03	0,38	0,13	0,38	0,03	0,06	0,38	0,25	0,35	0,16	0,10	2,26 a1
2010/2011 S	0,10	0,00	0,19	0,25	0,60	0,62	0,47	0,51	0,41	0,13	0,03	0,16	3,47 a1
2011/2012 S	0,54	0,03	0,38	0,29	0,16	0,29	0,38	0,03	0,19	0,13	0,03	0,03	2,48 a1
ICM D	0,12	0,10	0,40	0,44	1,16	0,95	1,49	1,55	0,89	1,06	0,53	0,38	9,08
ICM S	0,21	0,02	0,32	0,22	0,38	0,31	0,30	0,31	0,29	0,20	0,07	0,10	2,74

D = Dossel (6 indivíduos); S = Sub-bosque (2 indivíduos); ICA = Incremento Corrente Anual; ICM = Incremento Corrente Mensal Médio. Letras e números diferentes representam diferença significativa a um nível de 0,05 de probabilidade segundo o Teste de Scott e Knott, sendo que as letras referem-se aos anos de incremento e os números à posição sociológica.

FONTE: O autor (2013)

Ligustrum lucidum diminui seu crescimento também nos meses mais frios, principalmente de maio a agosto, e em setembro o retoma. A espécie tem suas fenofases vegetativas de renovação de folhas ocorrendo de forma contínua, que pode ser entendida como uma estratégia para garantir seu sucesso quanto à ciclagem de nutrientes. A espécie passa praticamente seis meses (setembro a março) expressando suas fenofases reprodutivas (MILANI, 2013). Este período é compatível com o início do de maior incremento em circunferência da espécie.

No último ano de observação, os indivíduos do dossel de *L. lucidum* diminuíram bastante o incremento, assim como observado nas outras espécies, obtendo valores semelhantes aos do sub-bosque. O crescimento menor possivelmente está relacionado a uma menor precipitação nesse período, sendo que a espécie respondeu de maneira mais evidente a essa variável ambiental.

Os resultados da Análise de Coordenadas Principais mostram claramente um grupo formado pelas espécies exóticas (FIGURA 8) e um grupo formado pelos

indivíduos do sub-bosque (FIGURA 9), sendo que a primeira coordenada explica 18,51% da variação dos dados e a segunda 13,65%.

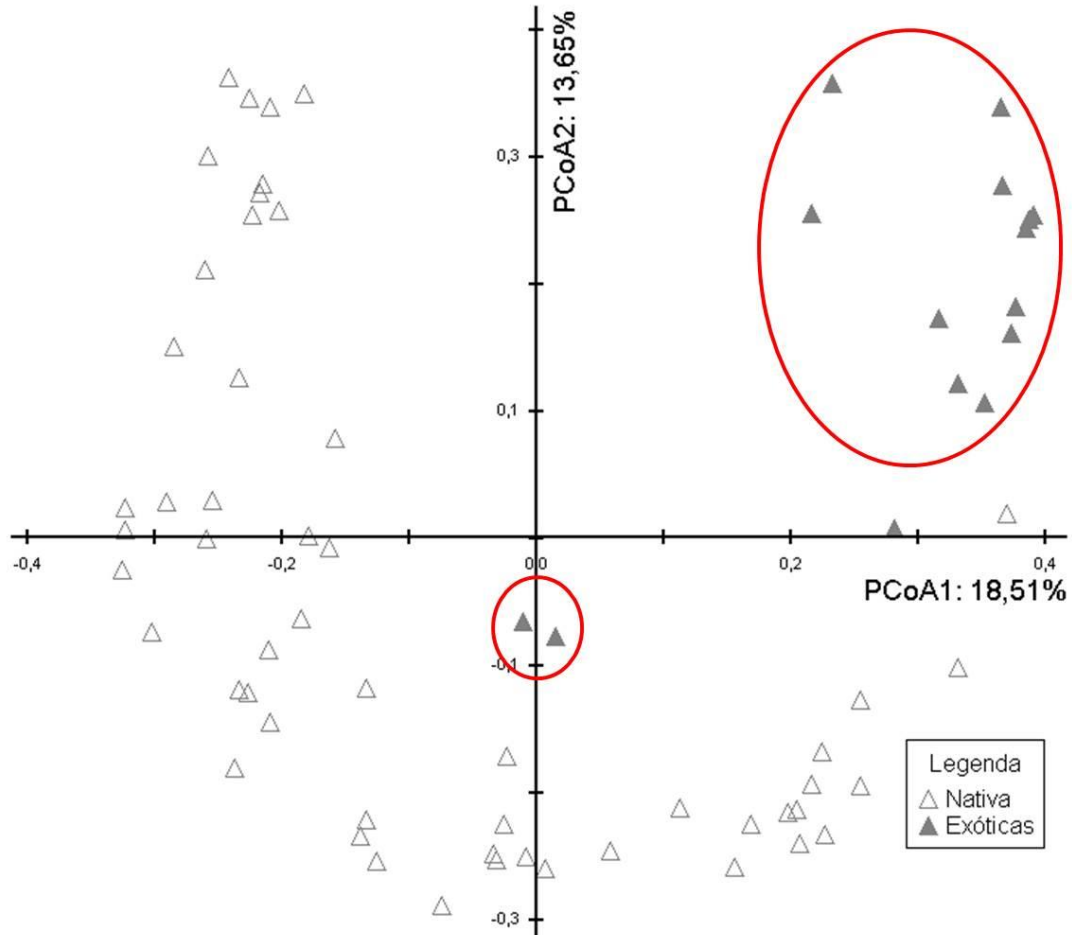


FIGURA 8 – ANÁLISE DAS COORDENADAS PRINCIPAIS PARA INCREMENTO CORRENTE MENSAL (ICM) EM DIÂMETRO DO TRONCO ENTRE O GRUPO DA ESPÉCIE NATIVA E O DAS ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS

FONTE: O autor (2013)

No grupo das espécies exóticas notam-se apenas dois indivíduos que não estão agrupados com os demais. Esses indivíduos da espécie *L. lucidum* são os únicos que estão localizados no sub-bosque da floresta. Essa condição de menor luminosidade no interior da floresta faz com que estes indivíduos acabem diferenciando do padrão de crescimento dos demais. Esses mesmos indivíduos estão distantes do agrupamento dos indivíduos de sub-bosque. Isso se deve ao fato de que, mesmo crescendo menos que os indivíduos de *L. lucidum* do dossel, eles têm um desempenho superior aos indivíduos do sub-bosque da espécie nativa.

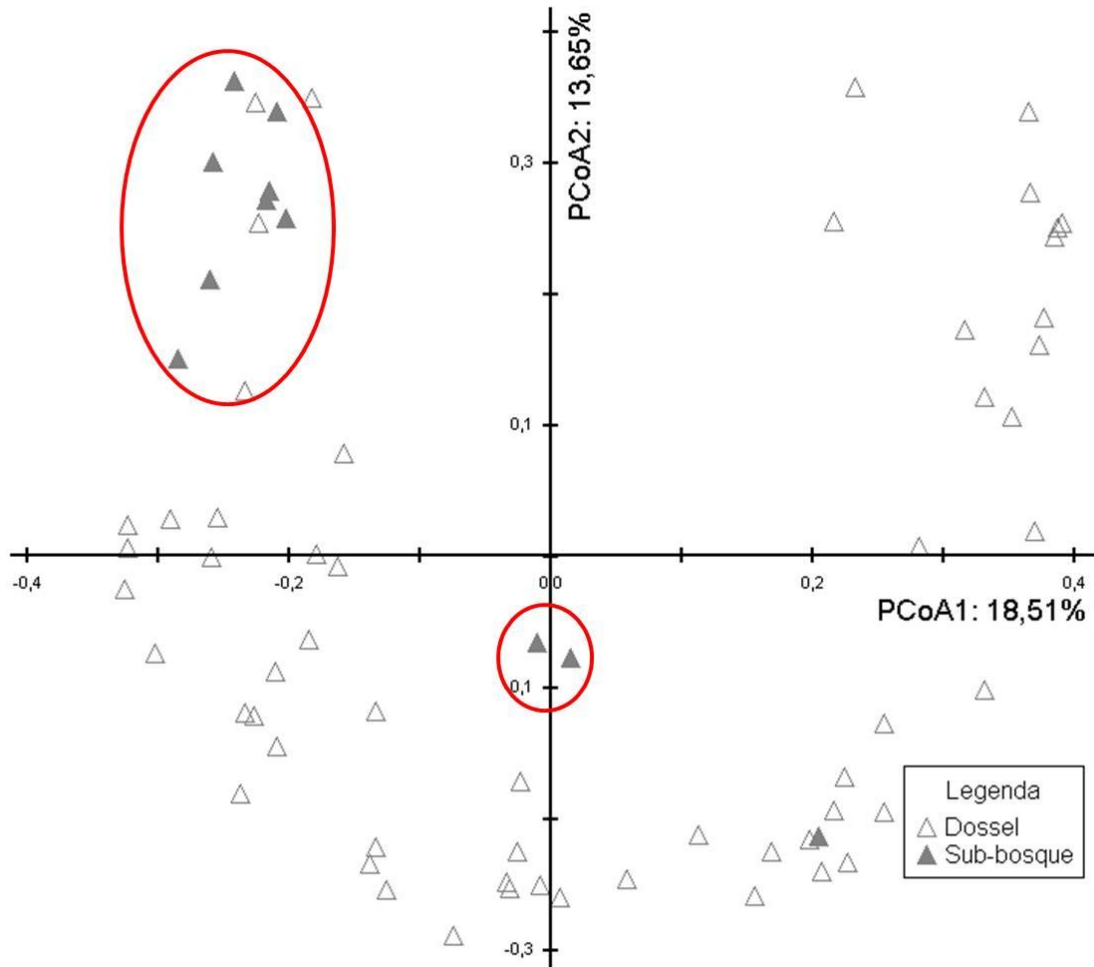


FIGURA 9 – ANÁLISE DAS COORDENADAS PRINCIPAIS PARA INCREMENTO CORRENTE MENSAL (ICM) EM DIÂMETRO DO TRONCO ENTRE O GRUPO DOS INDIVÍDUOS DO DOSEL E O DOS INDIVÍDUOS DO SUB-BOSQUE

FONTE: O autor (2013)

No grupo do sub-bosque, um dos indivíduos de *S. commersoniana* mostrou um comportamento diferente do seu grupo, assemelhando-se ao crescimento dos do dossel. Esse crescimento diferenciado pode estar ocorrendo por diversos fatores, como menor competição e conseqüente maior disponibilidade de recursos, características genéticas da planta, e, como citado por Longhi-Santos (2013), pode indicar que o indivíduo seja proveniente de rebrota, o que faz que ele tenha um sistema radicial consistente e que parte significativa dos recursos obtidos seja direcionada para o crescimento aéreo.

4.3.2 Correlação entre o incremento em diâmetro do tronco das espécies e as variáveis ambientais

Na TABELA 4 podem ser observadas as correlações entre o crescimento das espécies e as variáveis meteorológicas testadas.

TABELA 4 – CORRELAÇÕES ENTRE O INCREMENTO CORRENTE MENSAL DAS ESPÉCIES EM ESTUDO E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Variáveis meteorológicas	Espécies				
	SD	SS	H	LD	LS
Precipitação	0,393*	0,223	0,410*	0,534**	0,540**
Temperatura máxima	0,697**	0,529**	0,693**	0,582**	0,414*
Temperatura mínima	0,769**	0,659**	0,706**	0,675**	0,480**
Temperatura média	0,754**	0,614**	0,714**	0,645**	0,453**

SD = *Sebastiania commersoniana* do Dossel; SS = *Sebastiania commersoniana* do Sub-bosque; H = *Hovenia dulcis*; LD= *Ligustrum lucidum* do Dossel; LS= *Ligustrum lucidum* do Sub-bosque; * Correlação de Pearson significativa a um nível de 0,05; ** Significativa a um nível de 0,01.

FONTE: O autor (2013)

Foram obtidas correlações significativas para todas as espécies, com praticamente todas as variáveis, principalmente a temperatura. De acordo com Husch, Miller e Beers (1982), o crescimento das árvores é influenciado pelas características da espécie interagindo com o ambiente, incluindo os fatores meteorológicos. Segundo Cardoso (1991), a temperatura é considerada um dos principais fatores para a ativação do câmbio. Dünisch (2005) relata que em áreas de clima tropical, onde há uma estacionalidade climática definida, o crescimento vegetal é influenciado principalmente pela precipitação, e em áreas de clima subtropical, a temperatura exerce maior influência sobre o crescimento.

A temperatura atua diretamente sobre a iniciação e duração da atividade cambial. Geralmente o câmbio é ativado depois que uma temperatura crítica mínima for alcançada, então a atividade cambial progride com o aumento da temperatura até o alcance de um nível superior crítico a partir do qual a atividade do câmbio começa a declinar (WENT, 1953).

Em um estudo da relação entre variáveis meteorológicas e o crescimento *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Nacional de São Francisco de Paula, RS, Zanon e Finger (2010) verificaram que o aumento da temperatura correspondia ao maior crescimento, cessando-o ou reduzindo-o naqueles períodos

com temperaturas mais baixas, ocasiões em que também ocorria um excesso de água no solo.

Figueiredo Filho *et al.* (2008) ao avaliar o incremento diamétrico de sete espécies de uma área de Floresta Ombrófila Mista no Sul do Paraná, encontraram a correlação deste principalmente com a temperatura, pelo fato de a temperatura ter um padrão similar ao obtido no incremento, com maiores valores no verão e menores no inverno, sendo que a precipitação nesse caso não teve correlação significativa por ter um padrão de distribuição irregular ao longo do ano.

Segundo Carlquist (1988) a água, quer em excesso quer em escassez, é um dos principais fatores que afetam a atividade cambial. A falta de água ocasiona a interrupção do alongamento dos ramos jovens, levando a um decréscimo no suprimento de Ácido Indol Acético (AIA), que é um importante estimulador do câmbio. Já o excesso de água gera um decréscimo do potencial osmótico, o que estimula uma grande diferenciação de xilema e conseqüente menor crescimento.

Ao analisar a correlação do crescimento das espécies com a precipitação, apenas os indivíduos de *S. commersoniana* do sub-bosque não apresentaram correlação significativa, possivelmente por terem melhores condições de umidade no interior da floresta, o que gera também menores perdas de água por transpiração e respiração, não sendo a precipitação um fator tão condicionante para o crescimento nessa situação.

Ligustrum lucidum foi a espécie com maior correlação com precipitação, tanto para indivíduos do sub-bosque, quanto para os do dossel. Essa maior correlação com a precipitação auxilia na explicação do incremento consideravelmente menor da espécie no último ano estudado, o qual teve índices pluviométricos menores que nos outros anos.

Para *S. commersoniana*, a maior correlação foi com a temperatura mínima, assim como para *L. lucidum*. Essa alta correlação com a temperatura mínima deve se dar principalmente no período de maior crescimento e de temperaturas mais altas, onde temperaturas mais amenas auxiliam na diminuição de perdas de água por evapotranspiração, convertendo esse material para aumento de biomassa.

Para *H. dulcis*, a maior correlação foi com a temperatura média, o que mostra que o ambiente proporciona condições ideais para o desenvolvimento e estabelecimento da espécie, justificando os altos valores de incremento diamétrico apresentados.

4.4 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, é possível concluir que:

- As espécies apresentaram crescimento distinto entre si e segundo a posição sociológica;
- O grande crescimento das espécies exóticas pode representar uma ameaça aos remanescentes ripários;
- O crescimento em diâmetro do tronco das espécies estudadas está em grande parte condicionado às condições meteorológicas, observando-se correlações significativas em relação à temperatura e precipitação;
- As informações geradas nesse estudo podem fornecer subsídios para futuros projetos que possam diminuir a degradação em áreas similares no Sul do Brasil, a partir do conhecimento dos padrões de crescimento das espécies avaliadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREACCI, F. **Atividade cambial, fenologia vegetativa e ritmo de crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em áreas de Florestas Ombrófilas Mista e Densa do Estado do Paraná: aspectos dendrocronológicos e dendroecológicos.** 51 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BOTOSSO, P. C.; TOMAZELLO FILHO, M.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA- FEDELE, L. Les lianes et l'accroissement diamétral des arbres de *Centrolobium tomentosum* Guill. exBenth. (Caesalpinaceae) au Brésil. **Bois et Forêts des Tropiques**, Paris, v. 284, n. 2, p. 71-75, 2005.

BRASIL. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa.** Brasília, 25 de maio de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 25/09/2013.

CARDOSO, F. C. G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. M. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 354, p. 269-281, 2012.

CARDOSO, N. S. **Caracterização da estrutura anatômica da madeira, fenologia e relações com a atividade cambial de árvores de teca (*Tectona grandis*) – *Verbanaceae*.** 117 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy.** Berlin: Springer-Verlag, 1988. 436 p.

DÜNISCH, O. Influence of the El-Niño Southern Oscillation on cambial growth of *Cedrela fissilis* Vell in tropical and subtropical Brazil. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, Halm, v. 79, p. 5-11, 2005.

FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K. A.; MARIAUX, A.; TONLINSON, P. B. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F. H.; BERLYN, G. **Age and growth rate of tropical trees: new directions for research.** New Haven: Yale University, 1981. p. 31-54.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de Florestas Estacionais Semidecíduas da região sudeste do estado de São Paulo**. 103 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FERREIRA-FEDELE, L.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; GIANNOTTI, E. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 65, n. 65, p.141-149, 2004.

FIGUEIREDO FILHO, A.; HUBIE, S. do R.; SCHAAF, L. B.; FIGUEIREDO, D. J. de; 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**, Guarapuava, v. 5, n. 1, 2003.

FIGUEIREDO-FILHO, A.; RODE, R.; FIGUEIREDO, D. J. de; MACHADO, S. do A. Seasonal diameter increment for 7 species from an Ombrophyllous Mixed Forest, Southern state of Paraná, Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 38, p. 527–543, 2008.

GOMES, J. F.; LONGHI, S. J.; ARAUJO, M. M.; BRENA, D. A. Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 18, n. 1, p. 93-107, 2008.

HUSCH, B.; MILLER, C. I.; BEERS, T. W. **Forest mensuration**. 3. Ed. New York: John Wiley & Sons, 1982. 402 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 10 de dezembro de 2012.

KANIESKI, M. R.; LONGHI-SANTOS, T. L.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 17-25, 2012.

KANIESKI, M. R.; LONGHI-SANTOS, T. L., MILANI, J. E. DE F.; MIRANDA, B. P.; GALVÃO, F., BOTOSSO, P. C., RODERJAN, C. V. Crescimento Diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* em Remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 197-206, 2013.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LISI, C. S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LONGHI-SANTOS, T. **Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná, Brasil**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

LONGHI, S. J. L.; BRENA, D. A.; GOMES, J. F.; NARVAES, I. da S.; BERGER, G.; SOLIGO, A. J. Classificação e caracterização de estágios sucessionais em remanescentes de Floresta Ombrófila Mista na FLONA de São Francisco de Paula, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 113-125, 2006.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de Florestas Estacionais Semidecíduais**. 126 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MILANI, J. E. de F. **Comportamento fenológico de espécies arbóreas em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial**. 103 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MUNARETO, F. F. **Dendroclimatologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico**. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F. Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, v. 45, p. 41-55, 2002.

PARANÁ. Instituto Ambiental do Paraná. Portaria IAP nº 074, de 22 de maio de 2007. **Reconhece a Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras para o estado do Paraná, estabelece normas de controle e dá outras providências**. Curitiba, 22 de maio de 2007. 8 p.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Importância das matas de galeria no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. In: **Cerrado**: matas de galeria. Planaltina, DF: EMBRAPA – CPAC, 1998. p. 31-49.

RODOLFO, A. L.; CÂNDIDO JR., J. F.; TEMPONI, L. G.; GREGORINI, M. Z. *Citrus aurantium* L. (laranja-apepu) e *Hovenia dulcis* Thunb. (uva-do-Japão): espécies exóticas invasoras da trilha do Poço Preto no Parque Nacional do Iguaçu, Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 16-18, 2008.

SHIMAMOTO, C. Y. **Estimativa do crescimento e acúmulo de biomassa em espécies arbóreas, como subsídio a projetos de restauração da Mata Atlântica**. 51 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SILVA, R. P. da; NAKAMURA, S.; AZEVEDO, C. P. de; CHAMBERS, J.; ROCHA, R. de M.; PINTO, A. C. M.; SANTOS, J. dos; HIGUCHI, N. Uso de banda dendrométrica na definição de padrões de crescimento individual em diâmetro de árvores da bacia do rio Cuieiras. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 33, n. 1, p. 67-84, 2003.

SMA – Secretaria do Estado do Meio Ambiente, Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais. **Cadernos da Mata Ciliar**: Espécies exóticas invasoras. Unidade de Coordenação do Projeto de Recuperação das Matas Ciliares. São Paulo: SMA, 2009. 35 p.

SOCHER, L. G.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. Biomassa aérea de uma Floresta Ombrófila Mista Aluvial no município de Araucária (PR). **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 2, p. 245-252, 2008.

SPATHELF, P.; FLEIG, F. D.; VACCARO, S.; ESBER, L. M. Análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees (canela-lageana) na serra geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 95-108, 2000.

WENT, F. W. The effect of temperature on plant growth. **Annual Reviews of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 4, p. 347-362, 1953.

ZANON, M. L. B.; FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.

5 DENDROECOLOGIA DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs E *Hovenia dulcis* Thunb. EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS EM UMA ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR

RESUMO

Em área remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial conduziu-se o estudo dendroecológico de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs (Euphorbiaceae), uma das espécies mais abundantes e representativas dessa formação e da espécie invasora exótica *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae). A área de estudo localiza-se no município de Araucária, Paraná, Brasil, adjacente a uma área de várzea fortemente impactada pelo vazamento de quatro milhões de litros de óleo bruto da Petróleo Brasileiro S.A. ocorrido em 2000. O objetivo do estudo é avaliar o efeito da construção de diques como tentativa de descontaminação de petróleo na área e de fatores meteorológicos no crescimento em diâmetro do tronco de ambas as espécies, assim como inferir sobre a influência da espécie exótica no crescimento da nativa. Foram coletadas três séries temporais radiais do lenho de cada indivíduo adulto selecionado com uso de sondas de incremento, em duas condições, ambas com solo hidromórfico (Gleissolo Háplico), tendo como diferença a altura do lençol freático: 1 (*S. commersoniana* n=6; *H. dulcis* n= 10), com saturação hídrica temporária e 2 (*S. commersoniana* n=12), com saturação hídrica permanente. Séries cronológicas foram desenvolvidas, correlacionando-as com os dados meteorológicos da região. Os resultados demonstram que os indivíduos da espécie nativa em ambas as condições apresentam padrão semelhante de crescimento, com tendência de diminuição deste ao longo dos anos, diferente dos indivíduos da espécie exótica, que apresenta tendência de aumento do incremento ao longo dos anos. A construção de diques como tentativa de descontaminação da área afetou o crescimento dos indivíduos. A precipitação se correlacionou com o crescimento das espécies apenas na condição 1. A temperatura mínima representa ser fator limitante ao crescimento de *S. commersoniana*, mostrando que temperaturas mais elevadas são importantes, principalmente no início do período de crescimento. Por outro lado, nos meses mais quentes, a ocorrência de temperaturas muito altas pode ser limitante ao crescimento, provavelmente por favorecer perdas excessivas por transpiração. *H. dulcis* não apresentou correlação significativa com a temperatura, porém a precipitação se torna fundamental nos meses em que a espécie mais cresce, mas em meses subsequentes às chuvas, a precipitação é prejudicial devido ao efeito de saturação do solo.

Palavras-chave: contaminação ambiental, dendrocronologia, espécie exótica

DENDROECOLOGY OF *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs AND *Hovenia dulcis* Thunb. IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN AN AREA OF ALLUVIAL MIXED RAIN FOREST IN THE ARAUCÁRIA REGION, PR

ABSTRACT

In a remnant of Alluvial Mixed Rain Forest was conducted a dendroecological study of *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs (Euphorbiaceae), one of the most abundant and representative species of this forest type and of exotic invasive species *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae). The study area is located in Araucaria, Paraná, Brazil, near a floodplain forest heavily impacted by a spill of four million liters of crude oil by Petróleo Brasileiro S.A. in 2000. This study objective is to evaluate the effect of dykes construction as attempt to oil decontaminate in the area and the meteorological factors on the growth in stem diameter of the both species, well as infer about the influence of exotic species on the growth of native species. Three radial time series from the wood of individuals were collected using increment probes in two conditions, both on hydromorphic soils (Haplic Gleisol), but differing in the depth of the water table: 1 (*S. commersoniana* n=6; *H. dulcis* n= 10), with temporary water saturation and 2 (*S. commersoniana* n=12) with permanent water saturation. Radial time series were developed and correlated with the meteorological data in the region. Results showed that individuals of the native species from both conditions had similar growth patterns, that of decreasing radial increment over time, different of individuals from exotic species, that shows a tendency of increasing radial increment over time. The construction of dykes as attempt to decontaminate the area affected de individual growth. Precipitation has correlated with growth of species only in condition 1. Minimum temperature is a limiting factor to growth of *S. commersoniana*, showing that high temperatures are important, especially in the early growth period. On the other hand, in warmer months the occurrence of very high temperatures can be limiting, likely promoting excessive transpiration losses. *H. dulcis* showed no significant correlation with temperature, but the precipitation becomes crucial in the months in which the species grows more, but in subsequent months the rains, rainfall becomes limiting due to the effect of soil saturation.

Keywords: environmental contamination, dendrochronology, exotic species

5.1 INTRODUÇÃO

Com o crescente desenvolvimento tecnológico, cada vez se encontram formas mais eficientes de exploração e transformação dos recursos naturais, que, conseqüentemente, acabam gerando também cada vez mais passivos ambientais, como as áreas contaminadas.

Entende-se como área contaminada aquela área, terreno, local, instalação, edificação ou benfeitoria que contenha quantidades ou concentrações de quaisquer substâncias ou resíduos em condições que causem ou possam causar danos à saúde humana, ao meio ambiente ou a outro bem a proteger, que nela tenham sido depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural (MMA, 2013).

Para conhecer melhor os processos de contaminação ambiental, diversos métodos vêm sendo desenvolvidos e aplicados. Nas árvores, a contaminação ambiental pode alterar as taxas de crescimento anual, sendo que as árvores podem registrar em seu lenho, ano após ano, as impressões do meio onde vivem, tornando possível o estudo e resgate das condições ambientais ao longo de sua vida, servindo como importantes instrumentos para o monitoramento ambiental de áreas contaminadas (MEDEIROS, 2005).

A dendrocronologia admite a realização de estudos de autoecologia, avaliação ou resposta de atividades silviculturais, de reconstrução de eventos meteorológicos de resposta a interferências externas, entre outros (CORREA, 2003). Em estudos dendroecológicos, os anéis anuais em árvores mostram possíveis relações clima-crescimento e a ocorrência de perturbações passadas, antrópicas ou não (SPATHELF *et al.*, 2000).

As camadas de crescimento de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs, espécie nativa abundante em ambientes aluviais da Floresta Ombrófila Mista, são distintas a pouco distintas, demarcadas pelo achatamento das paredes das fibras (COSMO, 2008; COSMO; KUNİYOSHI; BOTOSSO, 2010), sendo que a espécie apresenta potencial para estudos dendrocronológicos (COSMO, 2008; LONGHI-SANTOS, 2013). Segundo Chagas (2009), as camadas de crescimento de *Hovenia dulcis* Thunb., espécie exótica invasora, são distintas e possuem transição gradual entre os lenhos inicial e tardio de um mesmo anel de crescimento e abrupta

entre o anel de crescimento subsequente, com presença de fina camada de parênquima marginal, sendo o anel caracterizado como semi-poroso e, pela facilidade na distinção dos anéis, é uma espécie muito promissora para estudos de dendrocronologia.

A vegetação arbórea presente em área contaminada, com potencial de estudo dendroecológico (MEDEIROS, 2005), pode fornecer informações fundamentais sobre o desenvolvimento desta pós-intervenção ambiental, auxiliando em futuras estratégias para recuperação e monitoramento de áreas contaminadas.

No ano de 2000, uma área de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, em Araucária, PR, adjacente à área de estudo deste trabalho, sofreu com a contaminação de petróleo em decorrência do derramamento de cerca de quatro milhões de litros de óleo bruto. A partir do ponto de ruptura, o *scraper* (ponto de ligação do oleoduto com a refinaria), o óleo escoou por uma encosta e atingiu o arroio Saldanha, afluente do rio Barigui. Ao longo dos 2,25 km de extensão deste arroio, o óleo extravasou o canal, contaminando uma série de banhados, até chegar ao rio Barigui, afluente do rio Iguaçu. O petróleo contaminou o solo, cursos de água e as comunidades bióticas dependentes das encostas próximas ao *scraper*, atingindo ambientes ripários adjacentes ao arroio Saldanha e principalmente a extensa várzea ao seu redor.

Diversas foram as tentativas de descontaminação da área, incluindo a construção de diques e alagamento da área para, por diferença de densidade, fazer o óleo chegar à superfície do solo e então retirá-lo. Cerca de um milhão de litros de óleo ainda se encontram na área de várzea adjacente à floresta. Até hoje parte da área estudada, afetada pela tentativa de descontaminação, é mantida com o nível freático mais superficial, o que pode estar afetando o desenvolvimento das espécies florestais presentes.

Objetiva-se com esse estudo avaliar diferenças entre alturas do lençol freático ocasionado pela construção de diques como tentativa de descontaminação de petróleo na área e de fatores meteorológicos no crescimento em diâmetro do tronco de *S. commersoniana* e *H. dulcis*, assim como a influência da espécie exótica invasora no crescimento da espécie nativa em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial no Paraná, adjacente a uma planície fortemente impactada por derramamento de petróleo, ocorrido em 2000.

Espera-se que a diferença na saturação hídrica do solo ocasionada pela construção de diques tenha influenciado no crescimento das espécies; que o incremento em diâmetro esteja relacionado às variáveis meteorológicas avaliadas e que a espécie exótica esteja interferindo no crescimento da espécie nativa.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Araucária, porção centro-sul do Primeiro Planalto paranaense (25°35'12" S e 49°20'45" W). Está estabelecida em uma planície inundável, onde predominam solos naturalmente hidromórficos, sendo comuns os Gleissolos (RESCK; SILVA, 1998).

O clima é do tipo Cfb (Köppen), com chuvas bem distribuídas durante o ano, com inverno frio e geadas frequentes. A média de precipitação para a região, considerando-se uma série histórica de 1961-2011, é de 1.490 mm/ano, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso (média de 198 mm) e o mês de agosto, o mais seco (média de 75 mm). A média de temperatura máxima é de 23,4 °C, temperatura média, 18,2 °C, e média das mínimas, de 13,0 °C (INMET, 2012).

Para a análise dendroecológica das duas espécies, foram selecionados indivíduos de duas condições distintas, ambas no mesmo remanescente florestal: 1, com solo hidromórfico (Gleissolo Háplico), saturação hídrica temporária e lençol freático frequentemente mais profundo (profundidade média: 50 cm; mínima: 32 cm; máxima: 62 cm); e 2, com solo igualmente hidromórfico (Gleissolo Háplico), mas com saturação hídrica permanente e lençol freático, portanto, superficial (profundidade média: 9 cm; mínima: 6 cm; máxima: 11 cm).

Foram selecionados 13 indivíduos adultos de *S. commersoniana* (branquilha) na condição 1 e seis indivíduos na condição 2. Para *H. dulcis* (uva-do-Japão) foram selecionados 10 indivíduos adultos ocorrentes apenas na condição 1, pela inexistência de indivíduos na outra condição.

Amostras do lenho dos indivíduos selecionados contendo séries temporais radiais (aproximadamente 5 mm de diâmetro) foram coletadas à altura do peito (1,30 m), três raios por indivíduo selecionado, por meio de amostragem não-destrutiva, com o uso de um trado de *Pressler*.

Em seguida, as amostras foram colocadas e fixadas sobre suportes de madeira até a sua completa secagem, sendo, posteriormente, submetidas ao polimento superficial da seção transversal com uma sequência crescente de lixas abrasivas de diferentes granulometrias (80 a 600 grãos/mm²).

As análises dos anéis de crescimento foram realizadas no Departamento de Dendrocronologia e Historia Ambiental do Instituto Nacional de Nivología, Glaciología e Historia Ambiental (IANIGLA) na cidade de Mendoza, Argentina.

As amostras de lenho das duas espécies foram analisadas macroscopicamente previamente com o auxílio de um microscópio Leica modelo KL, para reconhecimento e delimitação dos limites dos anéis de crescimento. Posteriormente, as amostras foram digitalizadas (FIGURA 10) em Scanner HP Deskjet (Resolução de 1200 dpi) juntamente com uma escala milimétrica.



FIGURA 10 – AMOSTRAS DO LENHO DAS ESPÉCIES DIGITALIZADAS. A: *Sebastiania commersoniana*. B: *Hovenia dulcis*
 FONTE: O autor (2013)

A largura dos anéis de crescimento foi determinada no aplicativo computacional de análise de imagem Image Pro Plus[®]. Este aplicativo foi calibrado por meio da escala digitalizada com uma precisão de 0,01 mm. Os dados de largura dos anéis de crescimento gerados foram exportados e analisados no Microsoft Office Excel 2010.

Um controle inicial da largura dos anéis de crescimento foi realizado no Excel por meio de gráficos de crescimento. O controle de qualidade e verificação da sincronização dos anéis foi feito por meio do aplicativo COFECHA (HOLMES, 1983). Este procedimento verifica estatisticamente a datação realizada, auxiliando na identificação de amostras e/ou segmentos de amostras de lenho que apresentem problemas de marcação ou mensuração dos anéis de crescimento (GRISSINO-MAYER, 2001).

As séries temporais radiais utilizadas na sincronização podem ser consideradas como um modelo de agregação linear de crescimento, onde estão sendo levadas em conta características inerentes à própria árvore e características do ambiente que influenciam no crescimento de cada série, de acordo com a EQUAÇÃO 1 (COOK; KAIRIUKSTIS, 1990):

$$R_t = A_t + C_t + D_{1t} + D_{2t} + E_t \quad (\text{EQUAÇÃO 1})$$

Em que:

R_t = largura observada do anel;

A_t = tendência da largura dos anéis de crescimento relacionada com o tamanho e idade das árvores;

C_t = sinal climático relacionado com o ambiente;

D_{1t} = distúrbios causados por perturbações endógenas de ação individual (indicador binário relacionado com a presença $\delta=1$ ou ausência $\delta=0$);

D_{2t} = distúrbios causados por perturbações exógenas comuns à população;

E_t = variabilidade não relacionada com os demais fatores ano a ano.

Na etapa de sincronização ajustou-se uma função de remoção de tendência do crescimento dos indivíduos, chamada de *spline* cúbico, em que o valor de cada série é dividido por seu valor correspondente da curva *spline*. O programa COFECHA fornece uma série cronológica chamada de *Master*, no qual contém o padrão de crescimento de todos os indivíduos analisados ao longo dos anos. O COFECHA comparou as diferentes séries em intervalos de 20 e 10 anos, apresentando como resultado uma correlação de Pearson entre cada série de largura de anel de crescimento com a série *master*, a um nível de significância crítico de 99% (COOK; KAIRIUKSTIS, 1990).

Nesse momento foi realizada uma triagem das séries temporais, eliminando alguns raios de determinados indivíduos, para uma melhor sincronização das séries cronológicas. A sincronização foi realizada entre os indivíduos de branquilha da condição 1, da 2 e da 1 e 2; entre os indivíduos da uva-do-Japão e, entre os indivíduos de branquilha e uva-do-Japão para a condição 1 e para as condições 1 e 2.

Após a identificação, cada série foi padronizada, retirando-se a tendência de crescimento de variáveis não dependentes de sinais climáticos por meio do aplicativo computacional ARSTAN (HOLMES, 1984). O ajuste das mensurações

originais dos anéis de crescimento foi realizado com uma função exponencial negativa, seguido da aplicação de uma função *spline* cúbico, com porcentagem de longitude de série de 67%, conforme sugerido por Cook e Kairiukstis (1990). Nessa etapa a série *master* passa por uma padronização para eliminar tendências de crescimento da espécie, gerando como resultado uma série cronológica chamada *standard*.

As séries sincronizadas foram correlacionadas por meio de Correlação de Pearson com os fatores meteorológicos temperatura (média, mínima e máxima) e precipitação a partir de dados históricos fornecidos pelo INMET no aplicativo Microsoft Office Excel 2010. Também foram correlacionadas a precipitação e temperatura de períodos anteriores ao período atual de crescimento, partindo do princípio que o crescimento pode ocorrer como influência de eventos passados.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.3.1 Datação-cruzada

A partir do controle da qualidade da largura dos anéis de crescimento realizado no Excell e no COFECHA, de um total de 39 séries radiais provenientes de 13 árvores de *S. commersoniana* na condição 1, aproveitaram-se 11 séries de 8 árvores para compor a cronologia com correlação significativa de 0,515.

Já na condição 2, das 18 séries radiais provenientes de seis árvores de *S. commersoniana*, aproveitaram-se 12 séries de seis indivíduos para compor a cronologia com correlação significativa de 0,542.

Para *H. dulcis*, de um total de 30 séries radiais provenientes de 10 árvores, aproveitaram-se 13 séries de seis indivíduos para compor a cronologia com correlação significativa de 0,537.

O resultado das correlações para as espécies estudadas, analisadas separadamente para os diferentes sítios, apresentou boa sincronização relacionada ao nível crítico de significância (TABELA 5).

TABELA 5 – QUALIDADE DA SINCRONIZAÇÃO ENTRE AS SÉRIES CRONOLÓGICAS DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE *Sebastiania commersoniana* E *Hovenia dulcis* EM ÁREAS DISTINTAS

Análises	Espécies					
	<i>S. commersoniana</i>			<i>H. dulcis</i>	<i>S. commersoniana</i> e <i>H. dulcis</i>	
Condição	1	2	1 e 2	1	1	1 e 2
Número de séries	11	12	23	13	24	36
Série co-datada	1969-2010	1963-2010	1963-2010	1980-2011	1969-2011	1963-2011
Idade da série	42	48	48	31	43	49
Média de sensibilidade	0,390	0,394	0,392	0,589	0,481	0,434
Intercorrelação	0,515	0,542	0,444	0,537	0,482	0,449
Correlação crítica	0,515	0,515	0,515	0,515	0,515	0,515

1: condição de saturação hídrica temporária. 2: condição de saturação hídrica permanente.

FONTE: O autor (2013)

As idades das árvores variaram de 25 a 48 anos para *S. commersoniana* e de 13 a 31 anos para *H. dulcis*. Não encontrar indivíduos de *S. commersoniana* com mais idade pode ser justificado pelo fato de a madeira ter sido muito utilizada até cerca de 1950 como lenha para abastecimento dos barcos a vapor (LANGE, 2005).

De acordo com Grissino-Mayer (2001), o nível de correlação pode variar entre as espécies, área geográfica, homogeneidade do sítio, competição e grau de distúrbio, considerando que, em geral, valores acima de 0,5 são considerados desejáveis, principalmente para espécies com anéis bem marcados e crescimento homogêneo, como as coníferas de clima temperado. Para espécies de clima tropical e subtropical, com delimitação dos anéis de crescimento não tão distinta, valores menores que 0,5 podem ser considerados de alta intercorrelação.

A correlação ficou abaixo do nível crítico de significância quando se comparou o incremento dos indivíduos da condição 1 e 2 e o crescimento do branquilha com o da uva-do-Japão (TABELA 5). Essa correlação mais baixa é compreensível, pois indivíduos de uma mesma espécie apresentam crescimento diferenciado segundo as condições do ambiente, assim como cada espécie tem padrão de crescimento diferenciado. Mesmo assim, a intercorrelação pode ser considerada alta quando comparada com outros estudos com as mesmas espécies.

Longhi-Santos (2013) encontrou uma intercorrelação de 0,472 e uma média de sensibilidade de 0,387 para *S. commersoniana* na mesma área de estudo, com indivíduos que não sofreram influência do derramamento do petróleo, datados até o ano de 1999. Segundo o autor, a correlação foi considerada alta levando em

consideração características da própria espécie, como por exemplo, não passar por um período completamente desprovido de folhas, que faz com que os anéis não sejam tão bem marcados como os das espécies decíduas. Chagas (2009) avaliou o crescimento de *H. dulcis* em duas áreas distintas, encontrando correlação de 0,742 (n=5) para a área A (no município de Paulínia, SP, com registro de contaminação por Mercúrio) e de 0,457 (n=12) para a área B (no município de Piracicaba, SP, sem registro de contaminação por Mercúrio). A alta correlação encontrada para a espécie na área A pode ser devido ao baixo número de amostras analisadas (n=5), que facilita uma maior sincronização das séries temporais.

Segundo Grissino-Mayer (2001), valores da média de sensibilidade acima de 0,30 são considerados altos, o que mostra que as espécies analisadas, nos diferentes ambientes, tem alta sensibilidade a variações ambientais, sendo espécies com ótimo potencial para estudos dendroecológicos. Comparando as duas espécies, a média de sensibilidade da uva-do-Japão é bem maior que a do branquilha, mostrando que essa espécie responde de forma mais expressiva às variações ambientais da área.

As séries *master* e *standard* para as diferentes espécies, nas diferentes condições, podem ser visualizadas na FIGURA 11. Em anos de menor precipitação, como nos anos de 1979 e 1985, nota-se uma queda no incremento das diferentes espécies, assim como em anos de grande precipitação, como nos anos de 1983, 1990 e 1998. Temperaturas muito baixas também podem ter ocasionado um menor incremento para as espécies, como ocorrido nos anos de 1964, 1971 e 1979 para a *S. commersoniana* na condição 2. Da mesma forma temperaturas muito altas, como no ano 2002, também podem favorecer a diminuição do incremento, mostrando que tanto precipitação ou temperatura em escassez ou excesso pode afetar o crescimento das espécies avaliadas.

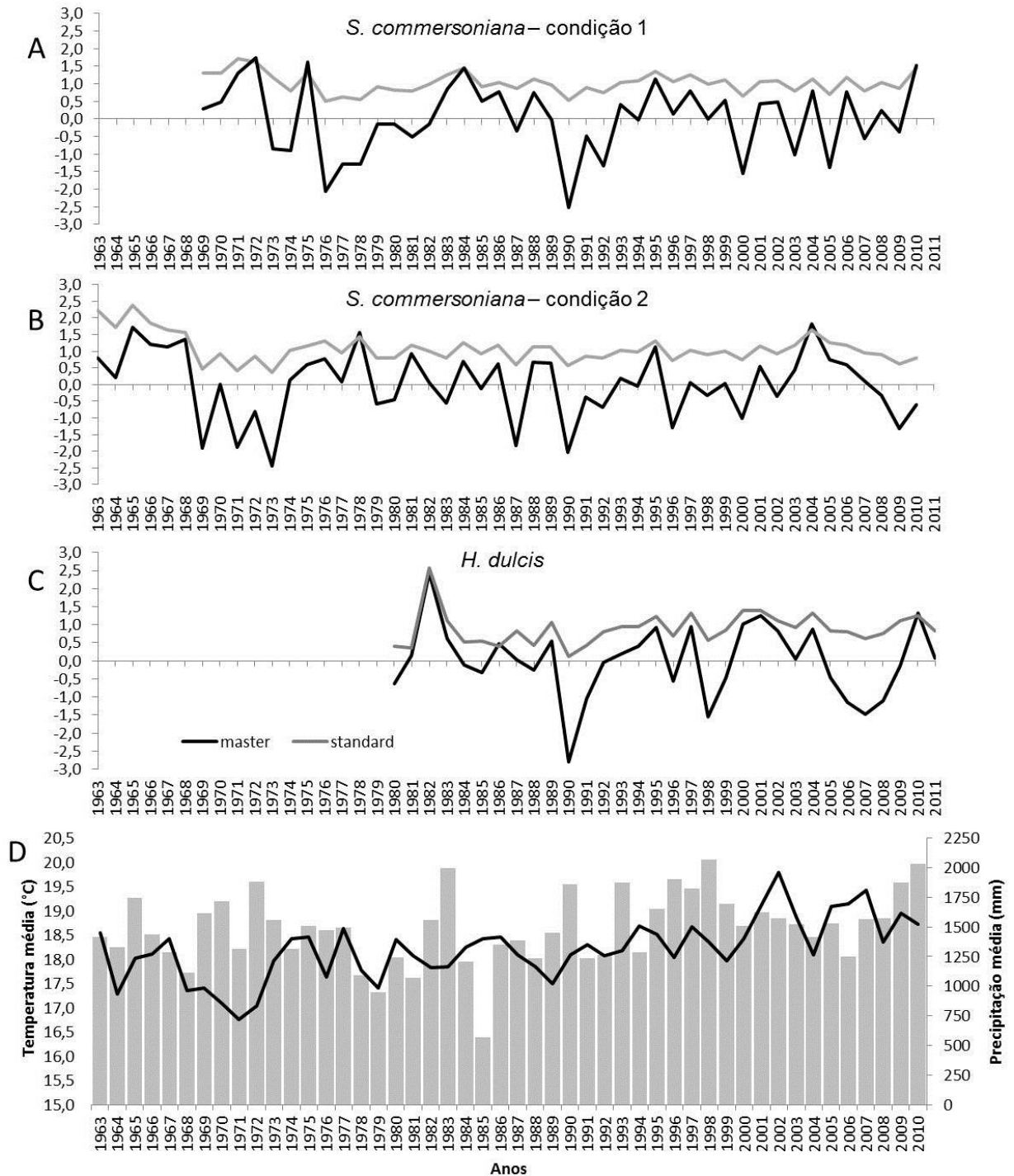


FIGURA 11 – COMPARAÇÃO ENTRE AS SÉRIES DE ÍNDICES DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DAS SÉRIES MASTER E STANDARD. A: SÉRIES DE *Sebastiania commersoniana* NA CONDIÇÃO 1. B: SÉRIES DE *Sebastiania commersoniana* NA CONDIÇÃO 2. C: SÉRIES DE *Hovenia dulcis*. D: CLIMATOGRAMA DE PRECIPITAÇÃO (BARRAS) E TEMPERATURA MÉDIA (LINHA)

FONTE: O autor (2013)

As séries cronológicas para *S. commersoniana* (FIGURA 12) nas condições 1 e 2 apresentaram padrão semelhante, mesmo que a correlação esteja abaixo do nível crítico de significância, mostrando que as árvores respondem de forma

semelhante aos sinais climáticos. A correlação pode ser considerada alta, levando em conta a diferença ambiental entre os dois sítios, relacionada principalmente à umidade do solo.

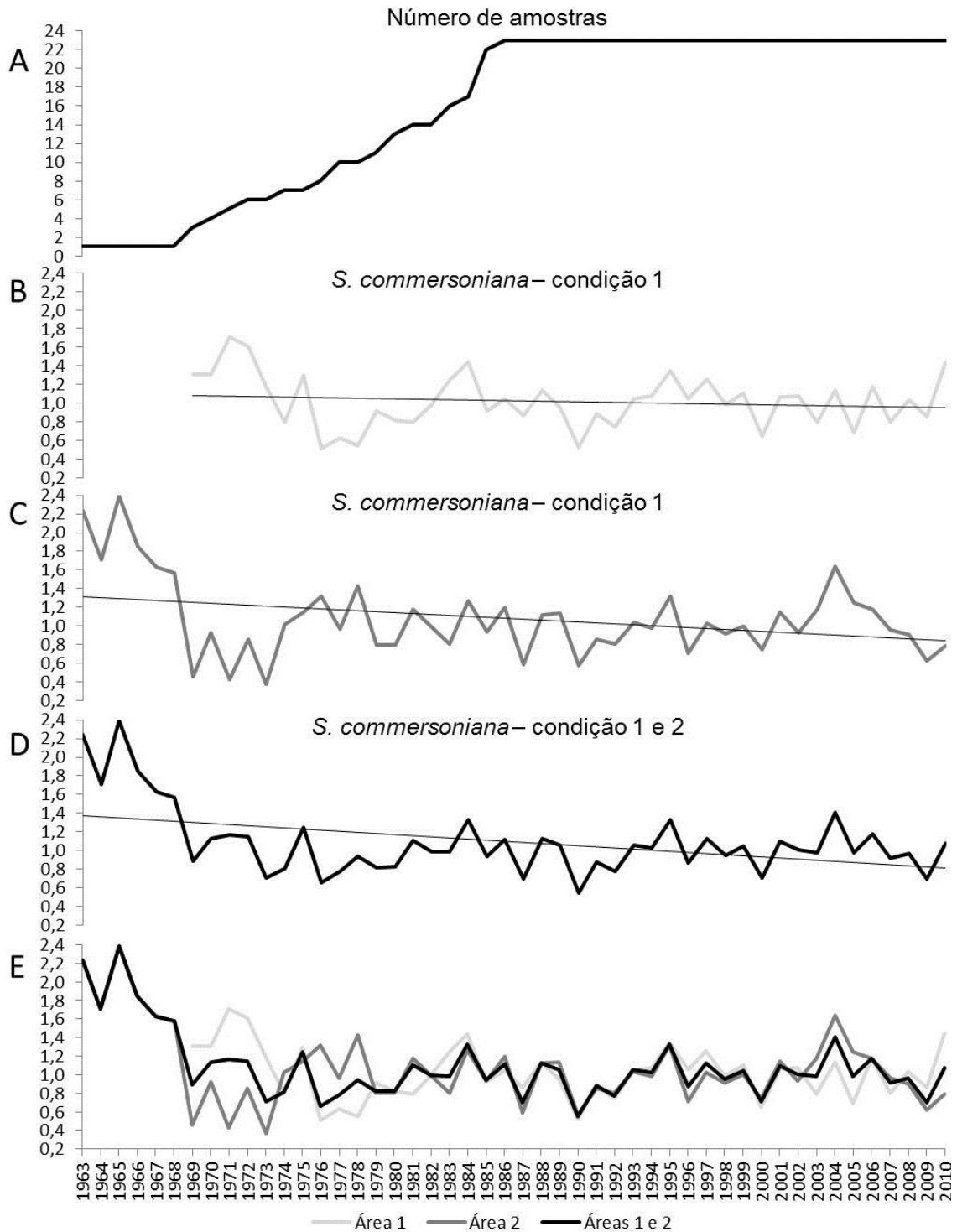


FIGURA 12 – SÉRIES DE ÍNDICES DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DE *Sebastiania commersoniana*. A: NÚMERO DE AMOSTRAS DO LENHO PARA OBTENÇÃO DA SÉRIE CONJUNTA. B: CONDIÇÃO 1. C: CONDIÇÃO 2. D: CONDIÇÕES 1 E 2. E: AS TRÊS SITUAÇÕES JUNTAS
 FONTE: O autor (2013)

Observa-se uma maior sincronia entre as séries das duas condições a partir da década de 80, onde também se tem um maior número de indivíduos abrangendo esse período, o que torna as séries mais homogêneas. Entre 1980 e 2000 o crescimento do branquilha nas duas condições era bem semelhante, com taxas de incremento praticamente iguais. Depois de 2000, o incremento das árvores de branquilha modifica, sendo que o da condição 1 se mantém praticamente estável e, no da condição 2, há um acréscimo logo após a contaminação, que depois diminui consideravelmente, mostrando que o alagamento da área como tentativa de retirada do óleo, influenciou no crescimento da espécie. O alagamento nessa condição pode ter diminuído o efeito da contaminação num primeiro momento, porém a saturação hídrica permanente fez com que o incremento diminuísse ao longo dos anos.

No início da década de 60 o incremento anual era bem superior, sendo que por volta do ano de 1965, tem-se uma queda abrupta deste, que a partir de então atinge patamares bem menores. Há uma baixa representatividade amostral para este período, porém, a mesma tendência foi verificada por Longhi-Santos (2013) na mesma área de estudo, em que o incremento do branquilha a partir do final da década de 60 diminui consideravelmente. Segundo o autor, esse período coincide com o histórico de retificação do rio Barigui, passando de um padrão meandrante a retilíneo. De acordo com Curcio (2006), a retificação de rios para um padrão retilíneo determina maiores velocidades do fluxo hídrico, maiores erosões e descartes de sedimentos sobre a planície a jusante, o que certamente influencia no crescimento e desenvolvimento da vegetação associada a essas áreas.

Para o branquilha houve uma diminuição do incremento diamétrico no ano de 2000. Nas árvores, a contaminação ambiental pode alterar as taxas de crescimento anual (MEDEIROS, 2005), podendo ter sido esse o fator pela diminuição do incremento nesse ano. Porém, como já comentado anteriormente, provavelmente a maior alteração no desenvolvimento da espécie, principalmente nos anos posteriores ao derramamento, ocorreu pelo alagamento como tentativa de retirada do óleo, que fez com que parte da área tivesse uma condição permanente de saturação hídrica.

A uva-do-Japão, não apresentou essa diminuição, e aparentemente não teve seu crescimento prejudicado pelo derramamento do petróleo ou pelas consequências deste. Isso pode ter ocorrido pelo fato de a espécie ocorrer somente

na condição 1, que não teve influência de aumento da umidade do solo, ou até mesmo pelo fato de a espécie ser mais resistente.

Seguindo a linha de tendência das séries, observa-se uma leve diminuição do incremento diamétrico de *S. commersoniana* ao longo dos anos. Já para a espécie *H. dulcis* (FIGURA 13) há uma tendência de aumento no crescimento ao longo dos anos. Isso pode estar ocorrendo pelo fato de os indivíduos estarem em fases distintas da curva de crescimento, que traz esse padrão diferenciado. Porém, esse maior crescimento da exótica, como já visto também no capítulo anterior, representa um fator preocupante e que nos leva a inferir que o estabelecimento da espécie exótica na área poderia estar influenciando na diminuição do incremento da espécie nativa predominante.

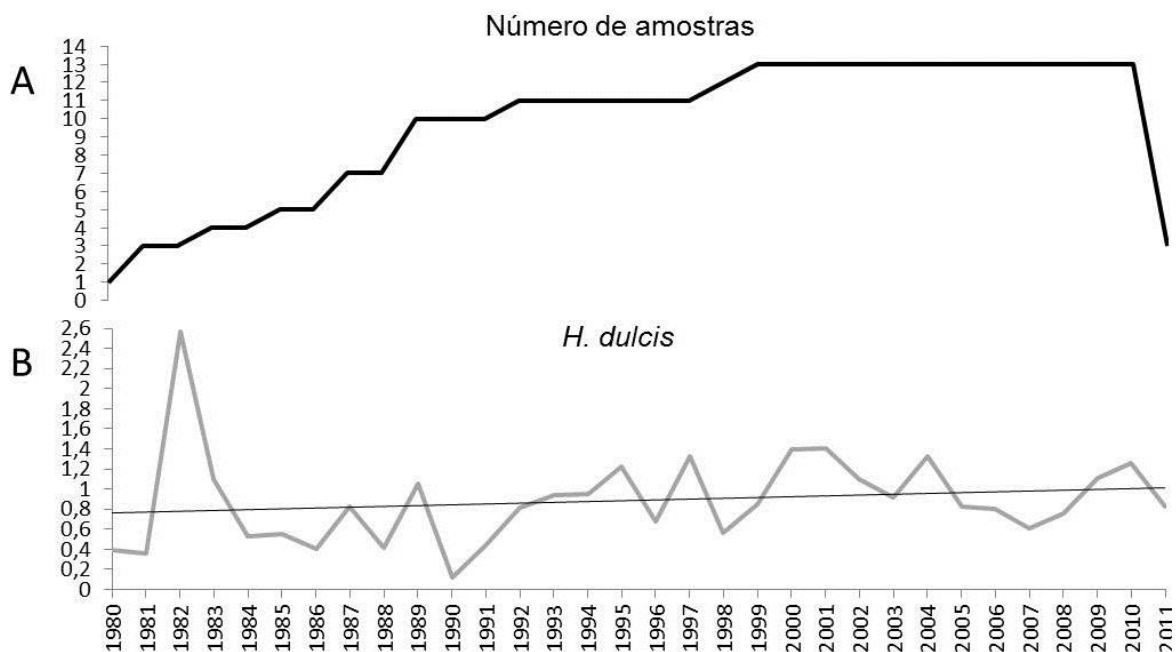


FIGURA 13 – SÉRIES DE ÍNDICES DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DE *Hovenia dulcis*. A: NÚMERO DE AMOSTRAS DO LENHO PARA OBTENÇÃO DA SÉRIE CONJUNTA. B: SÉRIE DE ÍNDICES

FONTE: O autor (2013)

Em busca de uma informação mais pontual, avaliaram-se, de maneira isolada, as séries cronológicas de indivíduos de branquilha e de uva-do-Japão que estavam próximos: um indivíduo de branquilha (número 308) e um indivíduo da uva-do-Japão (número 290), distantes cinco metros um do outro (FIGURA 14). Para avaliar diferenças significativas no incremento do indivíduo 308 foi realizada uma análise de variância (ANOVA) por meio do teste de Scott e Knott, em nível de 5%,

comparando o incremento no período de 1969 a 1984 (antes do estabelecimento do indivíduo 290) com o período de 1985 a 2000 (depois do estabelecimento do indivíduo 290).

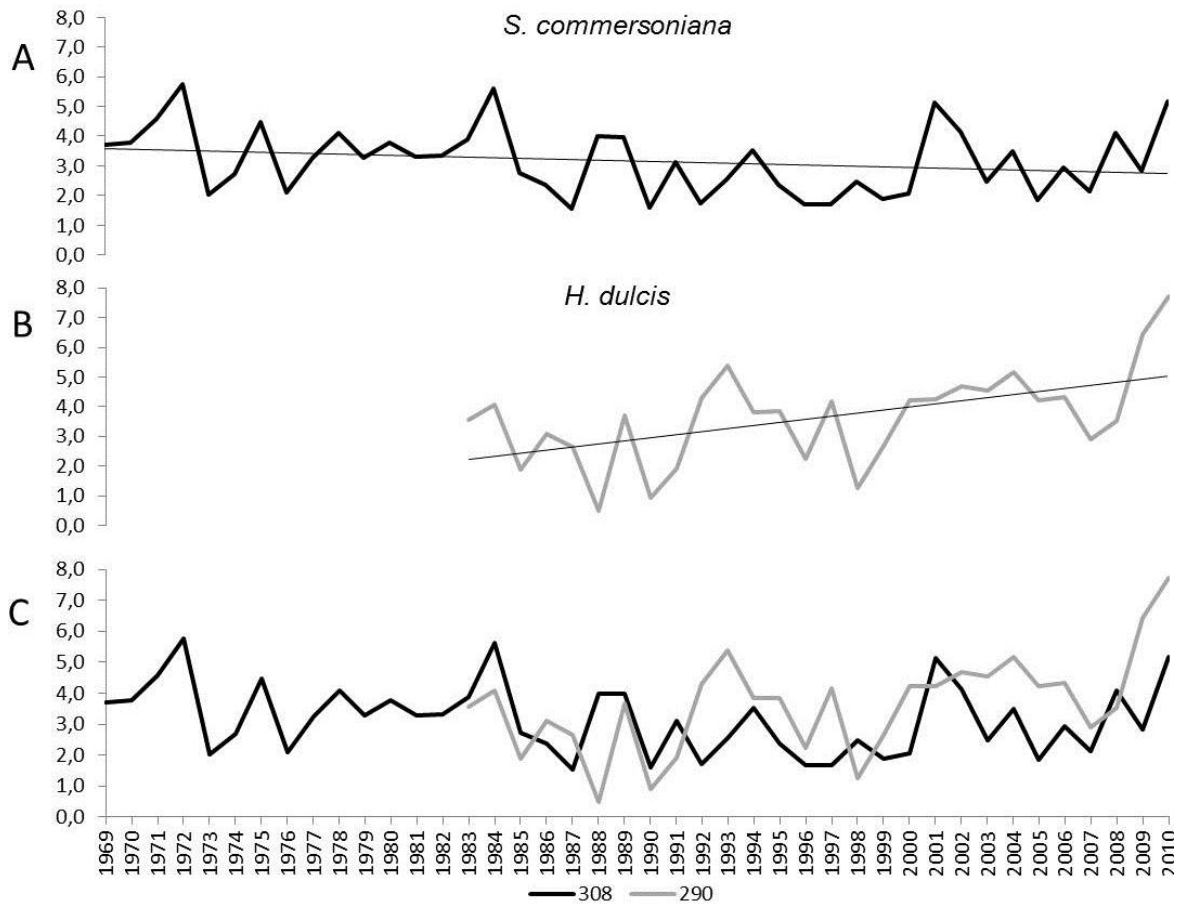


FIGURA 14 – SÉRIES DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO. A: INDIVÍDUO 308 DE *Sebastiania commersoniana*. B: INDIVÍDUO 290 DE *Hovenia dulcis*. C: AMBOS
 FONTE: O autor (2013)

Observa-se nos gráficos uma tendência à diminuição do incremento do indivíduo 308, principalmente após o ano 1984, que coincide com o período de estabelecimento do indivíduo 290 da uva-do-Japão na área.

Segundo o teste de Scott-Knott, houve diferença significativa a uma probabilidade de 0,05 entre o incremento do indivíduo 308 da espécie *S. commersoniana* no período anterior ao estabelecimento do indivíduo da espécie *H. dulcis* quando comparado com o período em que o indivíduo da espécie exótica se estabeleceu na área. Esses resultados mostram que a espécie invasora exótica estaria interferindo no crescimento da espécie nativa dominante na área, o que representa certamente um fator preocupante para a conservação deste fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial.

Wandscheer *et al.* (2011) relatam que *H. dulcis* tende a formar populações densas e dominantes, o que pode impedir o desenvolvimento de espécies nativas, assim como a espécie pode apresentar efeito alelopático sobre outras espécies, como estratégia que contribui para o estabelecimento dos indivíduos dessa espécie em populações. Então essa diminuição no crescimento do indivíduo do branquilha próximo ao indivíduo da uva-do-Japão pode estar associada a esse efeito alelopático da espécie exótica.

5.3.2 Correlação com variáveis climáticas

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *S. commersoniana* da condição de saturação hídrica temporária com a temperatura (FIGURA 15) mostrou correlação negativa significativa com as temperaturas mínimas e médias nos meses de outubro e abril no período de crescimento.

As temperaturas mínimas apresentam correlação negativa, mesmo que não significativa, em praticamente todos os meses do ano, seja do ano anterior ou ano correspondente ao crescimento. Isso mostra que a temperatura mínima acaba sendo um limitante ao crescimento da espécie.

Já as temperaturas máximas apresentam correlações positivas com o crescimento em parte dos meses, mesmo que não significativa, mostrando que a temperatura mais alta pode favorecer o crescimento da espécie. Mesmo assim, no mês de outubro, a correlação negativa foi significativa.

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *S. commersoniana* da condição 2 com a temperatura (FIGURA 16) mostrou correlação diferente da obtida para a condição 1. As temperaturas mínimas apresentam bem mais meses com correlação negativa, mesmo que não significativa, principalmente no ano anterior ao crescimento, com correlação positiva significativa no mês de abril do período prévio.

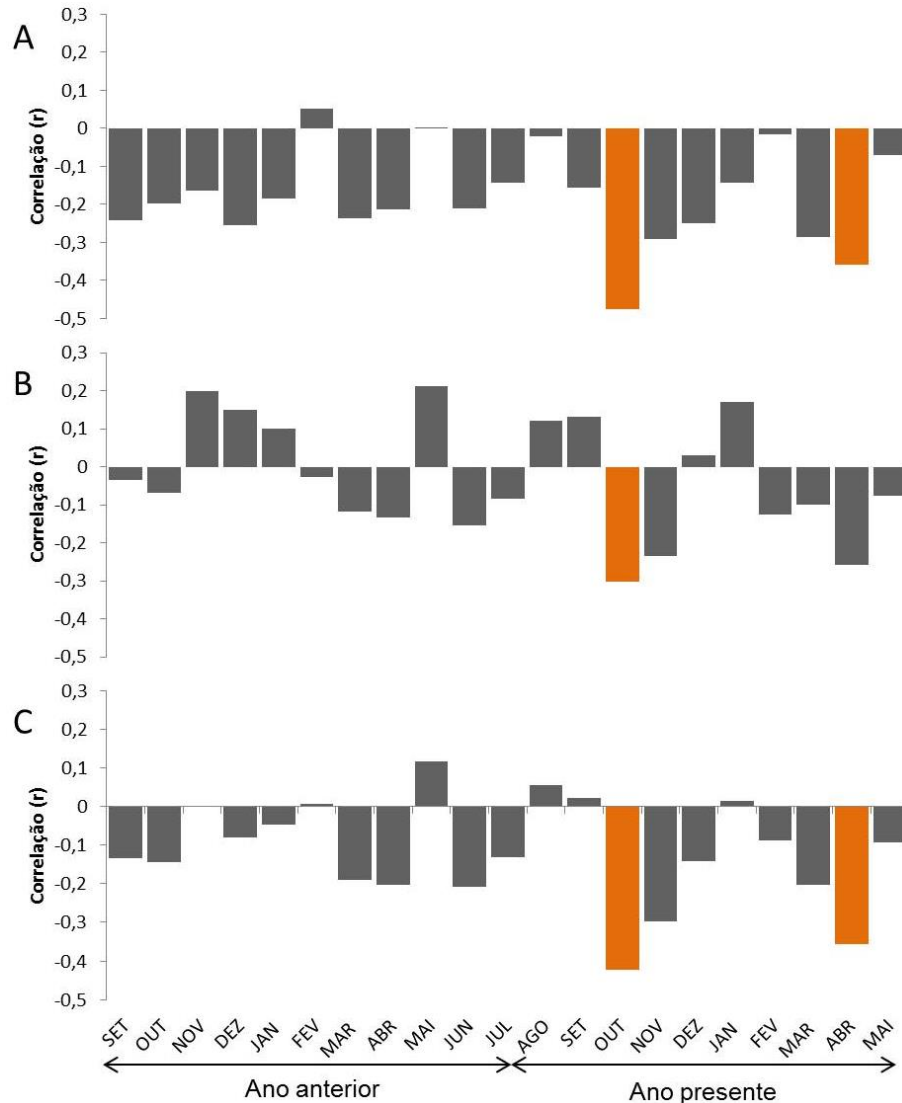


FIGURA 15 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE *Sebastiania commersoniana* DA CONDIÇÃO 1 COM A TEMPERATURA. A: TEMPERATURA MÍNIMA. B: TEMPERATURA MÁXIMA. C: TEMPERATURA MÉDIA

FONTE: O autor (2013)

As temperaturas máximas apresentam correlação positiva significativa com o crescimento no mês de setembro, tanto do ano anterior quanto do corrente. A temperatura mais alta no mês de setembro favorece e impulsiona a retomada do crescimento, que ocorre normalmente no mês de outubro, conforme visualizado no capítulo anterior. No mês de dezembro do período corrente a correlação negativa foi significativa, o que pode ser justificado pelo fato de que altas temperaturas podem favorecer perdas de água por meio da transpiração, o que influenciaria no crescimento.

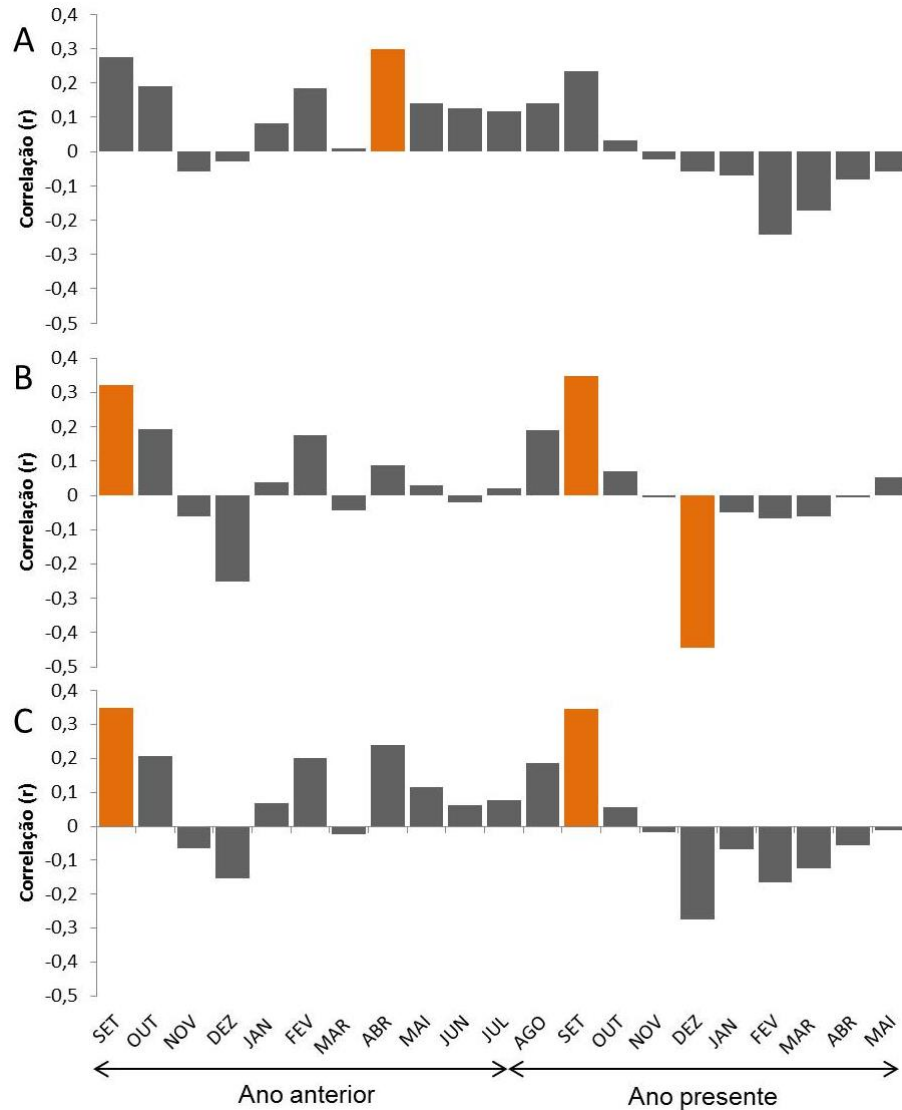


FIGURA 16 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE *Sebastiania commersoniana* DA CONDIÇÃO 2 COM A TEMPERATURA. A: TEMPERATURA MÍNIMA. B: TEMPERATURA MÁXIMA. C: TEMPERATURA MÉDIA
 FONTE: O autor (2013)

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *S. commersoniana* da condição 1 com a precipitação (FIGURA 17) mostra correlação positiva em parte dos meses, e correlação significativa positiva com a do mês de julho prévio ao crescimento, e com a do mês janeiro do ano correspondente ao ano de crescimento. A correlação positiva com o mês de julho prévio ao crescimento mostra que as chuvas no final do inverno são importantes como impulsionadoras para a espécie retomar o crescimento. A precipitação de janeiro é importante, principalmente por ser o período com temperaturas mais altas, onde as

altas taxas de precipitação ajudam a espécie não sofrer perdas significativas por transpiração.

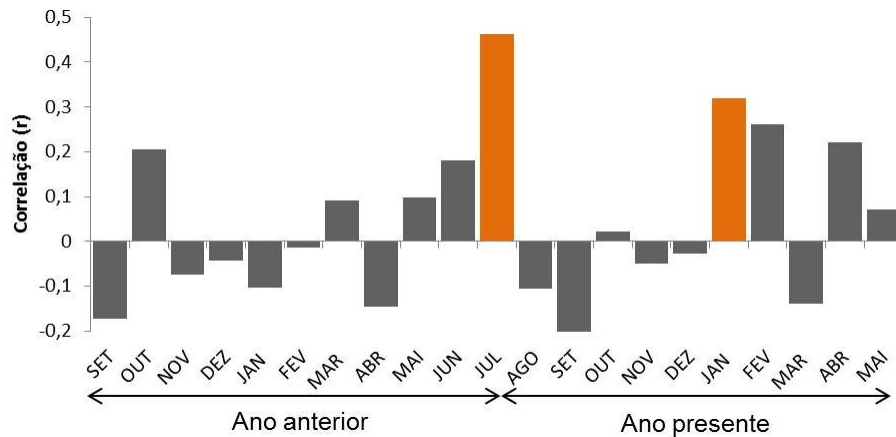


FIGURA 17 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE *Sebastiania commersoniana* DA CONDIÇÃO 1 COM A PRECIPITAÇÃO
 FONTE: O autor (2013)

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *S. commersoniana* da condição 2 com a precipitação (FIGURA 18) não apresenta correlação positiva significativa em nenhum mês, e grande parte dos meses apresentou correlação negativa com a precipitação, sendo que o mês de fevereiro do ano anterior ao crescimento apresentou correlação negativa significativa.

Esse é um resultado fácil de compreender, tendo em vista que essa é uma condição em que o lençol freático está mais superficial, fazendo com que o déficit de precipitação não seja fator limitante ao crescimento. Pelo contrário, como a área já tem água suficiente, períodos com grande precipitação podem prejudicar o crescimento, por afetar principalmente a respiração das raízes. Cardoso *et al.* (2012) encontraram resultados semelhantes, em que o incremento radial das espécies variaram segundo a saturação hídrica do solo. O incremento de *Citharexylum myrianthum* Cham. foi quatro vezes maior no Cambissolo (com maior drenagem) do que no Gleissolo (com saturação hídrica).

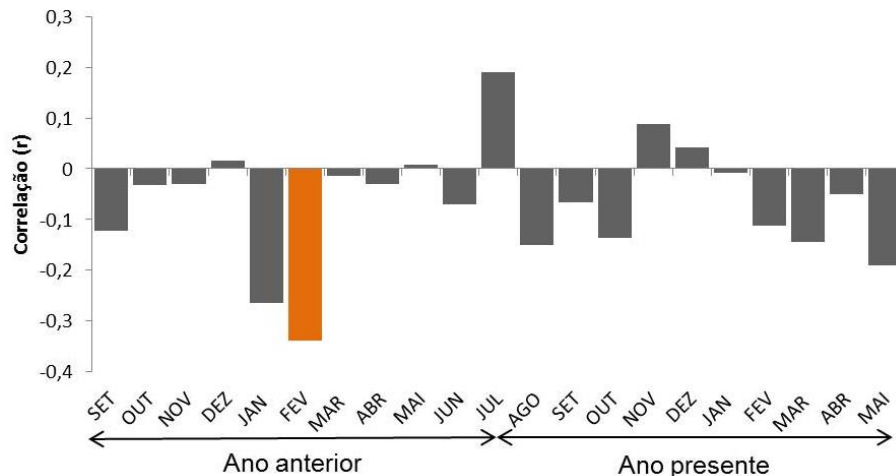


FIGURA 18 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE *Sebastiania commersoniana* DA CONDIÇÃO 2 COM A PRECIPITAÇÃO

FONTE: O autor (2013)

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *H. dulcis* não foi significativa com a temperatura (FIGURA 19).

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *H. dulcis* com a precipitação (FIGURA 20) é significativamente positiva nos meses de outubro, novembro e janeiro do ano correspondente ao ano de crescimento, período onde normalmente ocorre maior precipitação, e correlação negativa significativa nos meses de fevereiro e março também do ano corrente.

Esses meses de correlação positiva são os que a espécie melhor cresce, o que traz então a precipitação como um importante condicionante para o crescimento. Segundo Borchert (1999), a precipitação do final da estação seca e início da estação chuvosa pode favorecer a reativação da atividade cambial. Como na área de estudo não existe uma sazonalidade climática, essa verificação não é tão evidente. A correlação negativa nos meses de fevereiro e março pode ser efeito da saturação do solo pelo acúmulo de água dos meses anteriores, como observado por Chagas (2009), mostrando novamente ser esse o principal fator meteorológico limitante ao crescimento da uva-do-Japão.

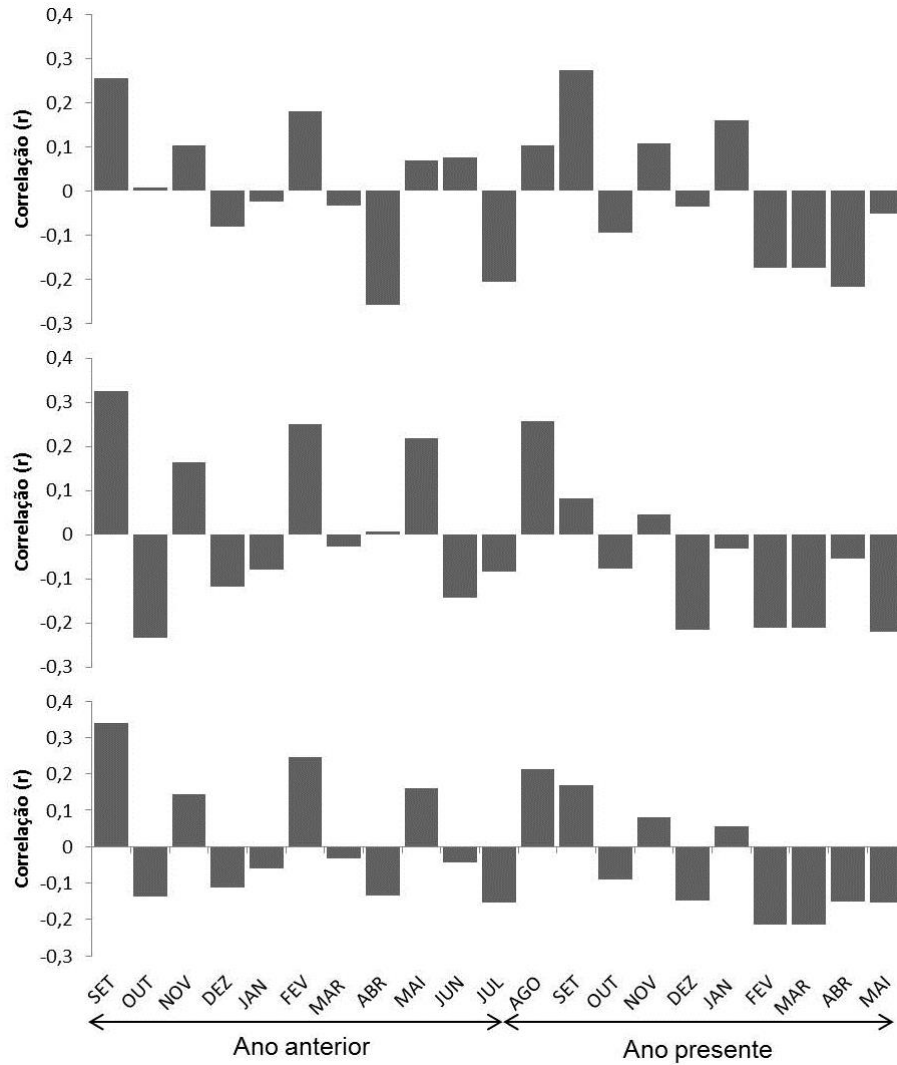


FIGURA 19 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE *Hovenia dulcis* COM A TEMPERATURA. A: TEMPERATURA MÍNIMA. B: TEMPERATURA MÁXIMA. C: TEMPERATURA MÉDIA
 FONTE: O autor (2013)

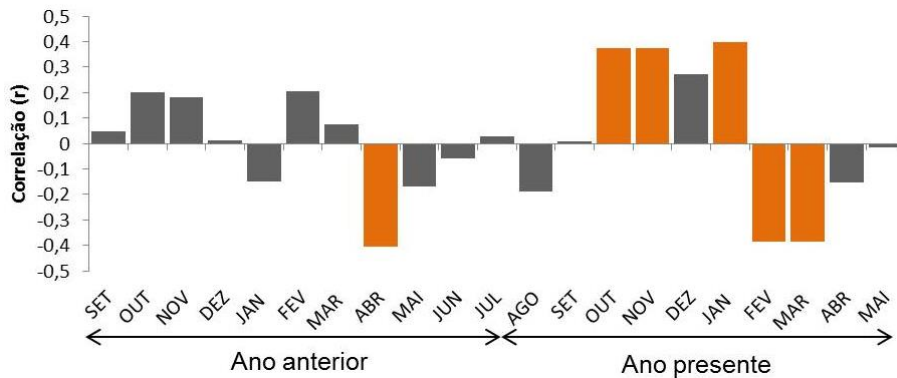


FIGURA 20 – CORRELAÇÕES DAS SÉRIES DE ÍNDICE DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO DO LENHO DAS ÁRVORES DE *Hovenia dulcis* COM A PRECIPITAÇÃO
 FONTE: O autor (2013)

Ao avaliar a correlação do incremento diamétrico de *H. dulcis* com as variáveis climáticas no interior do estado de São Paulo em duas áreas distintas, uma na cidade de Paulínia, SP, com registro de contaminação por mercúrio, e outra em Piracicaba, SP, sem contaminação, Chagas (2009) encontrou resultados diferenciados para a espécie, com correlação negativa com a temperatura média nos meses de março e agosto, e, por as árvores estarem a apenas três metros de um curso d'água, não foram encontradas correlações significativas com a precipitação na área A. Já na área B foram obtidas correlações significativas positivas pela maior disponibilidade hídrica (janeiro e junho) e negativas provavelmente pela saturação do solo (março e agosto). Isso comprova mais uma vez a alta sensibilidade ambiental da espécie, que modifica a resposta de crescimento segundo as condições ambientais encontradas.

Vários estudos relatam a influência de variáveis meteorológicas como impulsionadores e/ou limitantes ao crescimento das espécies florestais. Alguns estudos consideram a temperatura como fator que influencia o incremento diamétrico das árvores (e.g: FERREIRA, 2002; FIGUEIREDO-FILHO *et al.*, 2008; KANIESKI *et al.*, 2012; KANIESKI *et al.*, 2013; MUNARETO, 2007), sendo que esta pode limitar o crescimento com valores mínimos ou máximos excessivos e impulsionar este, principalmente, com valores maiores em períodos que antecedem o crescimento. Outros estudos têm a precipitação e/ou disponibilidade de água no solo com maior influência sobre o incremento diamétrico (e.g.: BOTOSSO; VETTER, 1991; BOTOSSO; VETTER; TOMAZELLO-FILHO, 2000; CARDOSO *et al.*, 2012; DÜNISCH; BAUCH; GASPAROTTO, 2002; DÜNISCH; MONTÓIA; BAUCH, 2003; FERREIRA-FEDELE *et al.*, 2004, LISI *et al.*, 2008; MARIA, 2002; MUNARETO, 2007; NUTTO; WATZLAWICK, 2002; SPHATELF *et al.*, 2000), em que a precipitação é extremamente importante para a retomada do crescimento, porém é limitante quando estiver em excesso no solo.

5.4 CONCLUSÕES

- *Sebastiania commersoniana* em ambas as condições - saturação hídrica temporária ou plena do solo - apresenta padrão semelhante de crescimento, com tendência à diminuição do incremento ao longo dos anos;
- As árvores de branquilha expostas à saturação hídrica permanente alteraram o seu padrão de incremento depois de 2000, demonstrando que, muito provavelmente, a construção de diques como tentativa de retirada do óleo, afetou o desenvolvimento dos indivíduos da espécie;
- A temperatura mínima representa fator limitante ao crescimento *S. commersoniana*, enquanto temperaturas maiores favorecem o crescimento da espécie, principalmente no início do período de crescimento;
- A ocorrência de temperaturas muito altas nos meses mais quentes pode ser prejudicial ao crescimento de *S. commersoniana*, provavelmente por favorecer perdas excessivas por transpiração;
- A precipitação se correlacionou com o crescimento das espécies positivamente apenas na condição de saturação hídrica temporária do solo;
- *Hovenia dulcis* apresenta tendência de aumento de incremento ao longo dos anos, o que se torna um fator preocupante para a conservação das espécies nativas da área;
- *Hovenia dulcis* não apresentou correlação significativa com a temperatura, porém a precipitação se torna fundamental nos meses em que a espécie mais cresce; em meses subsequentes às chuvas, a precipitação se torna limitante devido ao efeito de saturação do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORCHERT, R. Climatic periodicity, phenology and cambium activity in tropical dry forest trees. **IAWA Journal**, Leiden, v. 20, n. 3, p. 239-247, 1999.

BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E. Alguns aspectos sobre a periodicidade e taxa de crescimento em 8 espécies arbóreas tropicais de Floresta de Terra Firme (Amazônia). **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 3, p. 163-180, 1991.

BOTOSSO, P. C.; VETTER, R. E.; TOMAZELLO-FILHO, M. Periodicidade e taxa de crescimento de árvores de cedro (*Cedrela odorata* L., Meliaceae), jacareúba (*Calophyllum angulare* A.C. Smith, Clusiaceae) e muirapiranga (*Eperua bijuga* Mart. ex Benth, Leg. Caesalpinioideae) de Floresta de Terra Firme, em Manaus-AM. In: ROIG, F. A. **Dendrocronología en América Latina**. p. 357-380. Mendoza: EDIUNC, 2000.

CARDOSO, F. C. G.; MARQUES, R.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. M. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant and Soil**, Crawley, v. 354, p. 269-281, 2012.

CHAGAS, M. P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill. *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

COOK, E. R.; KAIRIUKSTIS, L. A. **Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Science**. Amsterdam: Kluwer, 1990. 394 p.

CORREA, J. E. Dendrocronología, buscando las edades del árbol tropical. **Revista el Mueble y la Madera**, Bogotá, 2003. Disponível em: <http://revista-mm.com/ediciones/rev41/art11.htm>. Acesso em 28/09/2013.

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSMO, N. L.; KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 747-755, 2010.

CURCIO, G.R. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia das planícies fluviais do rio Iguaçu, Paraná, Brasil**. 488 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intra-annual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis*, and *Cedrela odorata* (Meliaceae). **IAWA Journal**, Leiden, v. 23, p. 101-119, 2002.

DÜNISCH, O.; MONTÓIA, V. R.; BAUCH, J. Dendroecological investigations on *Swietenia macrophylla* King and *Cedrela odorata* L. (Meliaceae) in the central Amazon. **Trees**, Berlin, v. 17, p. 244-250, 2003.

FERREIRA, L. **Periodicidade do crescimento e formação da madeira de algumas espécies arbóreas de Florestas Estacionais Semidecíduas da região sudeste do estado de São Paulo**. 103 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

FERREIRA-FEDELE, L.; TOMAZELLO FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; GIANNOTTI, E. Periodicidade do crescimento de *Esenbeckia leiocarpa* Engl. (guarantã) em duas áreas da região Sudeste do Estado de São Paulo. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 65, n. 65, p.141-149, 2004.

FIGUEIREDO-FILHO, A.; RODE, R.; FIGUEIREDO, D. J. de; MACHADO, S. do A. Seasonal diameter increment for 7 species from an Ombrophyllous Mixed Forest, Southern state of Paraná, Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 38, p. 527-543, 2008.

GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-Ring Research**, Tucson, v. 57, n. 2, p. 205-221, 2001.

HOLMES, L. R. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-ring Bulletin**, Tucson, v. 43, p. 69–78, 1983.

HOLMES, R. L. **Dendrochronology program library**. User's manual. Tucson: University of Arizona, 1984. 51 p.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 10 de dezembro de 2012.

KANIESKI, M. R.; LONGHI-SANTOS, T. L.; GRAF NETO, J.; SOUZA, T.; GALVÃO, F.; RODERJAN, C. V. Influência da precipitação e da temperatura no incremento diamétrico de espécies florestais aluviais em Araucária-PR. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 17-25, 2012.

KANIESKI, M. R.; LONGHI-SANTOS, T. L., MILANI, J. E. DE F.; MIRANDA, B. P.; GALVÃO, F., BOTOSSO, P. C., RODERJAN, C. V. Crescimento Diamétrico de *Blepharocalyx salicifolius* em Remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 2, p. 197-206, 2013.

LANGE, F. L. P. **Iguaçu: um caminho pelo rio**. Curitiba: Juruá, 2005. 200 p.

LISI, C. S.; TOMAZELLO-FILHO, M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LONGHI-SANTOS, T. **Dendroecologia de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Aluvial, Paraná, Brasil**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MARIA, V. R. B. **Estudo da periodicidade do crescimento, fenologia e relação com a atividade cambial de espécies arbóreas tropicais de Florestas Estacionais Semidecíduais**. 126 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MEDEIROS, J. G. da S. **Anéis de crescimento de árvores de *Araucaria columnaris* Hook.: caracterização anatômica, densitométrica, e aplicação no monitoramento ambiental**. 85 p. Dissertação (Mestre em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas contaminadas**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/areas-contaminadas>. Acesso em: 28/09/2013.

MUNARETO, F. F. **Dendroclimatologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

NUTTO, L.; WATZLAWICK, L. F. Relações entre fatores climáticos e incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. e *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 45, p. 41-55, 2002.

RESCK, D.V.S.; SILVA, J.E. Importância das matas de galeria no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. In: **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA - CPAC, p.29-46, 1998.

SPATHELF, P.; FLEIG, F. D.; VACCARO, S.; ESBER, L. M. Análise dendroecológica de *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees (canela-lageana) na serra geral de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 95-108, 2000.

WANDSCHEER, A. C. D.; BORELLA, J.; BONATTI, L. C.; PASTORINI, L. H. Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 25-30, 2011.

6 ANATOMIA DOS VASOS DO LENHO DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs E *Hovenia dulcis* Thunb. EM DIFERENTES CONDIÇÕES AMBIENTAIS EM ÁREA DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL NO MUNICÍPIO DE ARAUCÁRIA, PR

RESUMO

Em área remanescente de Floresta Ombrófila Mista Aluvial foi realizado um estudo da anatomia dos vasos do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs (Euphorbiaceae), uma das espécies mais abundantes e representativas dessa formação, e da espécie invasora exótica *Hovenia dulcis* (Rhamnaceae). A área de estudo localiza-se no município de Araucária, Paraná, Brasil, adjacente a uma área de várzea fortemente impactada pelo vazamento de quatro milhões de litros de óleo bruto da Petróleo Brasileiro S.A. ocorrido em 2000. O estudo tem como objetivo avaliar eventuais mudanças anatômico-estruturais que possam ter ocorrido no lenho, por meio de características dos elementos de vaso de ambas as espécies, após aumento da umidade do solo como tentativa de descontaminação ambiental. Foram coletadas amostras radiais do lenho no diâmetro à altura do peito (1,30 m do solo) de cada indivíduo adulto selecionado com uso de sondas de incremento, em duas condições, ambas com solo hidromórfico (Gleissolo Háplico), tendo como diferença a altura do lençol freático: 1 (*S. commersoniana* n=1; *H. dulcis* n= 1), com saturação hídrica temporária e 2 (*S. commersoniana* n=1), com saturação hídrica permanente. Foram preparadas seções histológicas transversais ao longo do perfil destas amostras radiais do lenho de cada indivíduo. A partir destas, foram mensurados os seguintes parâmetros/variáveis dos elementos de vaso: diâmetro tangencial (DV), frequência (FV) e agrupamento (AGV). Os resultados obtidos demonstram que os indivíduos de *S. commersoniana* e *H. dulcis* da condição 1 não mostraram mudanças expressivas nos parâmetros avaliados ao longo dos anos. Por outro lado, modificações nos elementos de vaso do lenho de *S. commersoniana* na condição 2 foram claramente evidenciadas, como resultado da resposta às novas condições ambientais.

Palavras-chave: contaminação ambiental, anatomia ecológica, floresta de araucária

VESSEL ANATOMY OF WOOD OF *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs AND *Hovenia dulcis* Thunb. IN DIFFERENT ENVIRONMENTAL CONDITIONS IN ALLUVIAL MIXED RAIN FOREST REMNANT AREA, ARAUCÁRIA REGION, PR

ABSTRACT

In an Alluvial Mixed Rain Forest remnant was carried out a vessel anatomy of wood study of *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs (Euphorbiaceae), one of the most abundant and representative species of this forest type, and of exotic invasive species *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae). The study area is located in Araucaria, State of Paraná, southern Brazil, near a floodplain forest heavily impacted by a spill of four million liters of crude oil by Petróleo Brasileiro S.A. in 2000. The research objective was to evaluate eventually anatomic-structure changes that may have occurred in the wood, by vessel elements characteristics of both species, after increasing soil moisture as an attempt to environmental decontamination. Small radial wood samples containing time-series were collected at diameter at breast height (1,30 m above ground level) from each adult trees selected by using increment bores in two conditions, both on hydromorphic soils (Haplic Gleisol), but differing in the depth of the water table: 1 (*S. commersoniana* n=1; *H. dulcis* n= 1) with temporary water saturation and 2 (*S. commersoniana* n=1) with permanent water saturation. Histological slides were made along the radial profile of the wood samples from each individual. From these we measured the follow parameters/variables of vessel elements: tangential diameter, frequency and grouping. Results showed that individuals of *S. commersoniana* and *H. dulcis* in condition 1 showed no expressive changes in the evaluated parameters over the years. In the other hand, anatomical modifications of *S. commersoniana* in condition 2 were clearly evidenced, as a result of adapting to new environmental conditions.

Keywords: environmental contamination, ecology anatomy, Araucaria Forest

6.1 INTRODUÇÃO

A variabilidade das características anatômicas de madeira nos anéis de crescimento de árvores é dependente de diversos parâmetros ambientais. A capacidade de interpretar variações anatômicas ao longo da vida da árvore torna-se uma importante ferramenta para a dendroecologia, dendroclimatologia e anatomia da madeira.

Nos últimos anos, pesquisas relacionadas à dendroecologia e a anatomia da madeira têm evoluído no sentido de procurar compreender os efeitos de curto e longo prazo dos fatores ambientais sobre a estrutura das plantas lenhosas (ARNOLD; MAUSETH, 1999; GÄRTNER; LUCCHINETTI; SCHWEINGRUBER, 2013; HIENDRICH; GÄRTNER; MONBARON, 2007; VAZ *et al.*, 2012).

O estudo da variação das características anatômicas da madeira visa analisar a influência dos fatores ambientais na estrutura do tecido xilemático, buscando assim entender eventuais estratégias dos vegetais para sobrevivência nos diferentes ambientes onde se estabelecem.

Características anatômicas da madeira, como tamanho de vasos e traqueídes, espessura da parede celular e a sua variação estrutural, podem fornecer informações ambientais importantes sobre a vida da árvore, especialmente quando analisada de forma diferenciada por meio das camadas de crescimento (GÄRTNER; LUCCHINETTI; SCHWEINGRUBER, 2013; OVERDIECK; ZICHWE; BÖTTCHER-JUNGCLAUS, 2007; SCHWEINGRUBER, 2007).

Os vasos são os principais constituintes da madeira responsáveis pela condução de água na maioria das dicotiledôneas (KEDROV, 2012). Também têm um papel importante quanto à vulnerabilidade, à cavitação e embolia (BAAS; WHEELER, 2011). Verheyden *et al.* (2005) relatam que a densidade e diâmetro dos vasos são muito sensíveis a mudanças nas condições ambientais, principalmente gravando diferenças nas camadas de crescimento de períodos com grande disponibilidade hídrica em comparação com períodos de baixa disponibilidade hídrica.

Segundo Cosmo (2008), pouco se conhece sobre a anatomia da madeira de espécies de ambientes aluviais, mesmo sendo esses ambientes de uma importância ambiental e socioeconômica extremamente relevante. Menos ainda se sabe sobre a

variação anatômica do lenho dessas espécies, segundo as características ambientais das áreas que essas ocupam.

As respostas ecofisiológicas das espécies aos fatores ambientais refletem na anatomia do lenho, considerando as implicações do xilema nos processos fisiológicos (COSMO, 2008). Segundo o autor, entender essas respostas não apenas permite a compreensão da autoecologia das espécies, como torna possível utilizar a anatomia como uma ferramenta de interpretação dos processos ecológicos das formações aluviais.

Em área adjacente ao local de estudo ocorreu, no ano de 2000, o derramamento de cerca de quatro milhões de litros de óleo bruto. A partir do ponto de ruptura, o *scraper* (ponto de ligação do oleoduto com a refinaria) da REPAR, o óleo escoou por uma encosta e atingiu o arroio Saldanha, afluente do rio Barigui. Ao longo dos 2,25 km de extensão deste arroio, o óleo extravasou o canal, contaminando uma série de banhados aí existentes, até chegar ao rio Barigui, afluente do rio Iguaçu. O petróleo contaminou o solo, cursos de águas e as comunidades bióticas dependentes das encostas próximas ao *scraper*, atingindo ambientes ripários adjacentes ao arroio Saldanha e principalmente a extensa várzea ao seu redor.

Diversas foram as tentativas de descontaminação da área, incluindo a construção de diques e alagamento da área para, por diferença de densidade, fazer o óleo chegar à superfície do solo e então retirá-lo. Cerca de um milhão de litros de óleo ainda se encontra na área de várzea adjacente à floresta. Até hoje parte da área estudada, afetada pela tentativa de descontaminação, é mantida com o lençol freático mais superficial, o que pode ter modificado características dos vasos das espécies, como forma de adaptação à nova condição ambiental.

Este estudo tem como objetivo avaliar mudanças que podem ter ocorrido no tamanho, frequência e agrupamento dos vasos das espécies *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs e *Hovenia dulcis* Thunb. após aumento da umidade do solo em uma área de Floresta Ombrófila Mista Aluvial como tentativa de descontaminação ambiental.

Pressupõe-se que as consequências da contaminação possam ter afetado a estrutura anatômica da madeira, principalmente no que se refere à saturação hídrica permanente do solo em uma das condições ambientais analisadas após tentativa de descontaminação.

6.2 MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo está localizada no município de Araucária, porção centro-sul do Primeiro Planalto paranaense (25°35'12" S e 49°20'45" W). Está estabelecida em uma planície inundável, onde predominam solos naturalmente hidromórficos, com predomínio dos Gleissolos (RESCK; SILVA, 1998).

O clima é do tipo Cfb (Köppen), com chuvas bem distribuídas durante o ano, com inverno frio e geadas frequentes. A média de precipitação para a região, considerando-se uma série histórica de 1961-2011, é de 1.490 mm/ano, sendo o mês de janeiro o mais chuvoso (média de 198 mm) e o mês de agosto, o mais seco (média de 75 mm). A temperatura média das máximas é de 23,4 °C, temperatura média das médias, 18,2 °C, e temperatura média das mínimas, de 13,0 °C (INMET, 2012).

Para a análise anatômica de *S. commersoniana* (branquilha) e *H. dulcis* (uva-do-Japão), foram selecionados indivíduos de duas condições distintas, ambas no mesmo remanescente florestal: 1, com solo hidromórfico (Gleissolo Háplico), saturação hídrica temporária e lençol freático frequentemente mais profundo; e 2, com solo igualmente hidromórfico (Gleissolo Háplico), mas com saturação hídrica permanente e lençol freático, portanto, superficial.

Foram selecionados dois indivíduos de *S. commersoniana*, um em cada condição, e um indivíduo de *H. dulcis*, apenas na condição 1. Amostras radiais do lenho da madeira (FIGURA 21A) dos indivíduos selecionados (duas para cada indivíduo) foram coletadas por meio de amostragem não-destrutiva com o trado de Pressler, coletados aproximadamente à altura do peito (1,30 m). Para proteção da área lesionada o orifício ocasionado pelo trado foi preenchido com sulfato de cobre e óxido de cálcio na proporção de 1:1, que auxilia na cicatrização e evita ataque de patógenos na árvore (FIGURA 21B).



FIGURA 21 – COLETA DE AMOSTRAS RADIAIS DO LENHO. A: DETALHE DA AMOSTRA COLETADA COM TRADO DE PRESSLER. B: APLICAÇÃO DE SULFATO DE COBRE E CÁLCIO

Fonte: O autor (2012)

Uma das amostras coletadas foi utilizada para construção da série cronológica da árvore, segundo procedimentos dendrocronológicos descritos no capítulo anterior. A outra amostra foi utilizada para a construção das lâminas histológicas. Foram subdivididas no sentido tangencial (do câmbio à medula) em porções de aproximadamente três milímetros, sendo imediatamente fixadas em FAA 70 (JOHANSEN, 1940) e colocadas no dissecador à vácuo por aproximadamente 30 dias. Esta etapa dos trabalhos de microtécnica foi conduzida no laboratório de Botânica Estrutural do Departamento de Botânica da Universidade Federal do Paraná.

Em seguida, essas pequenas porções destinadas à obtenção das seções histológicas, foram desidratadas em série etanólica, infiltradas e incluídas em resina sintética (Leica Historresin®), segundo as instruções do fabricante. Foram realizados cortes transversais com aproximadamente quatro μm de espessura em micrótomo de rotação, distendidos em lâminas histológicas e coradas com azul de toluidina (O'BRIEN, FEDER, MCCULLY, 1965).

As análises anatômicas foram realizadas nas amostras dos indivíduos, após delimitação dos anéis de crescimento, comparando o período anterior à contaminação ao período após a contaminação nas duas condições ambientais. Foram mensurados o diâmetro tangencial e frequência dos elementos de vasos no aplicativo WinCell no Laboratório de Anatomia da Madeira da Universidade Federal de Lavras, em Minas Gerais. O número de mensurações foi fixado em $n=30$, para cada parâmetro avaliado, conforme sugerido pelo IAWA Committee (1989). Em

algumas situações, como ocorrido na espécie *H. dulcis*, em uma mesma camada de crescimento o número de elementos de vasos era inferior a 30. Nesse caso, procedeu-se à mensuração de todos os elementos de vaso presentes na camada. Também foi avaliado o agrupamento dos vasos, dividindo-os em solitários, geminados, múltiplos de três, múltiplos de quatro e múltiplos de cinco ou mais.

Os resultados foram representados em gráficos elaborados no aplicativo Excel 2010. Para análise estatística foram utilizadas a análise de variância e o teste de Scott-Knott com nível nominal de significância de 5%.

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.3.1 Condição Ambiental 1 - Saturação hídrica temporária

6.3.1.1 *Sebastiania commersoniana*

Sebastiania commersoniana possui camadas de crescimento (FIGURA 22) marcadas pelo achatamento radial e aumento na espessura das paredes das fibras.

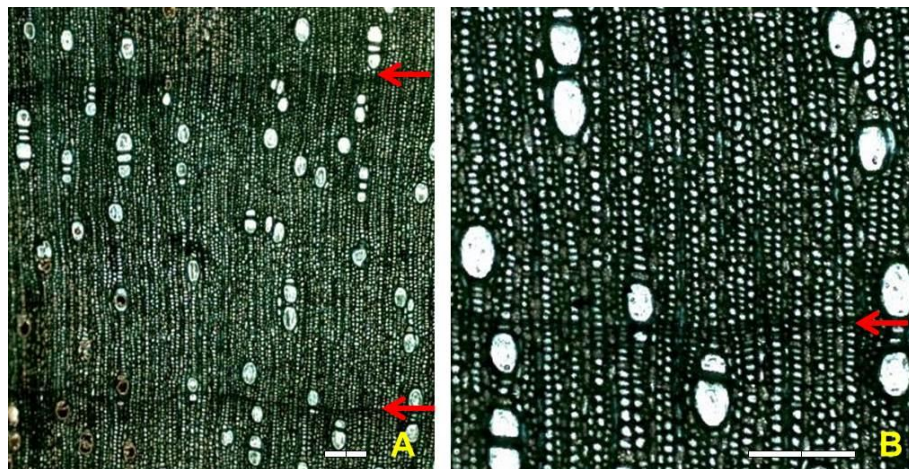


FIGURA 22 – XILEMA SECUNDÁRIO DE *Sebastiania commersoniana* EM PLANO TRANSVERSAL. A: LIMITES DA CAMADA DE CRESCIMENTO. B: DETALHE DO LIMITE DA CAMADA DE CRESCIMENTO. SETAS INDICAM MARCAÇÃO DA CAMADA DE CRESCIMENTO. A BARRA CORRESPONDE A 200 μm

Fonte: O autor (2013)

Possui porosidade difusa, vasos solitários, geminados ou em agrupamentos radiais (COSMO; KUNIYOSHI; BOTOSSO, 2010). Pode apresentar, eventualmente, a formação de anéis semi-porosos, embora isso não tenha sido observado nas amostras analisadas no presente estudo.

No indivíduo da condição de saturação hídrica temporária (1) a frequência de vasos por mm^2 variou de 8 a 15 (FIGURA 23).

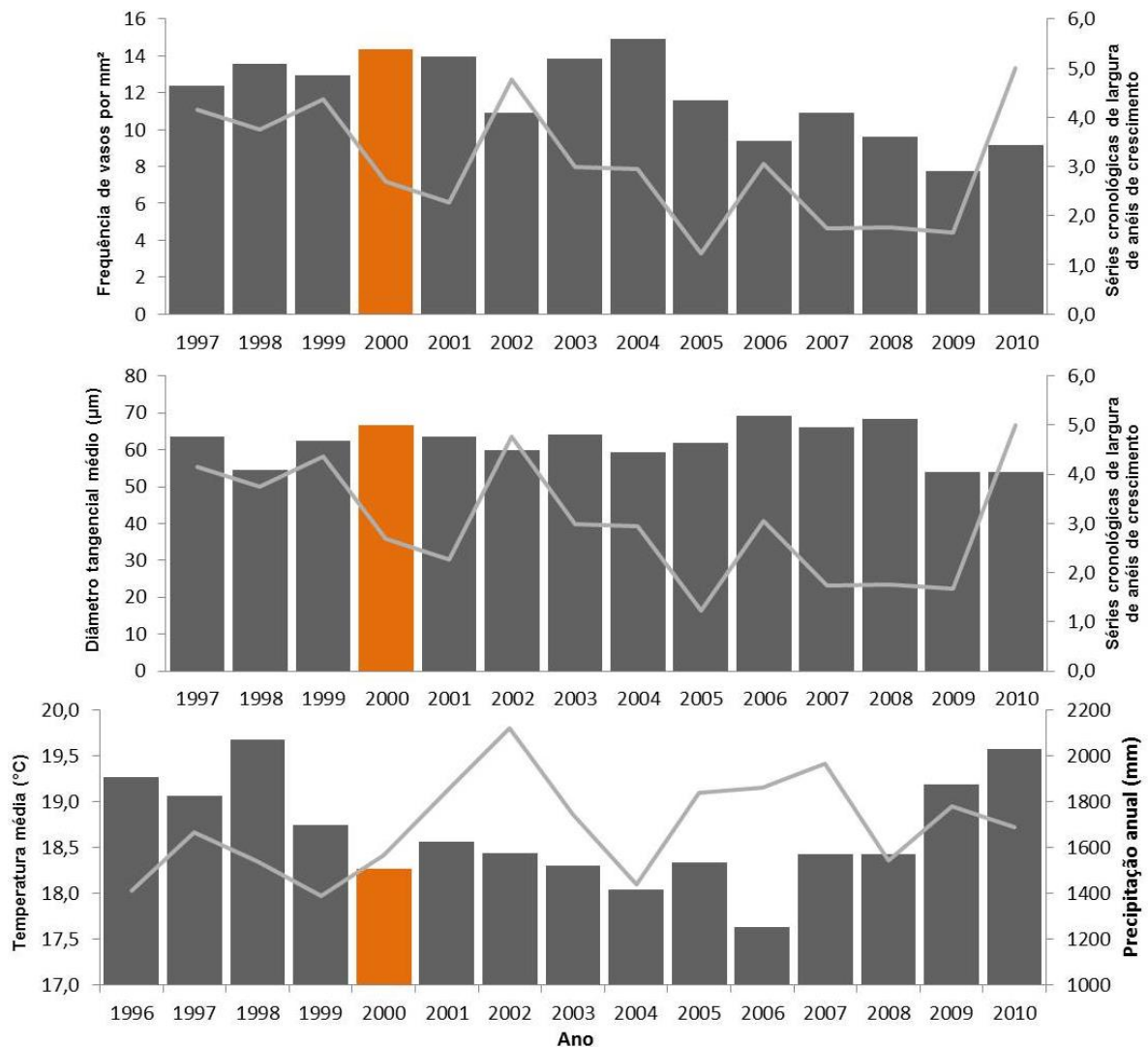


FIGURA 23 – VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA E DIÂMETRO TANGENCIAL DE VASOS DE *Sebastiania commersoniana*, NO PERÍODO DE 1997 A 2010 (BARRAS), SÉRIES CRONOLÓGICAS DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO (LINHAS), E PRECIPITAÇÃO (BARRAS) E TEMPERATURA (LINHA), NO PERÍODO DE 1996 A 2010

Fonte: O autor (2013)

No ano de 2000 (em destaque na FIGURA 23), ano do derramamento, ocorre uma diminuição no incremento e aumento na frequência e diâmetro dos elementos de vaso. O mesmo padrão se mantém no ano seguinte. Esse aumento

pode estar relacionado com a segurança da planta na condução de água, já que o óleo provavelmente obstruiu vasos, diminuindo a capacidade de condução de água do indivíduo. No ano de 2002 o indivíduo aumenta o crescimento, impulsionado pela maior temperatura, e diminui a frequência e o diâmetro dos vasos, provavelmente por já não sofrer mais influência do óleo no solo após a remediação da área.

Nota-se uma diminuição da frequência de vasos ao longo dos anos, sendo que houve diferença significativa entre a média da frequência dos vasos nos anos anteriores a 2000 apenas com a média de frequência dos vasos depois de 2006. Essa diferença na frequência de vasos principalmente nos últimos anos, apesar de significativa, não aparenta ser muito expressiva por meio da visualização das diferentes camadas de crescimento (FIGURA 24).

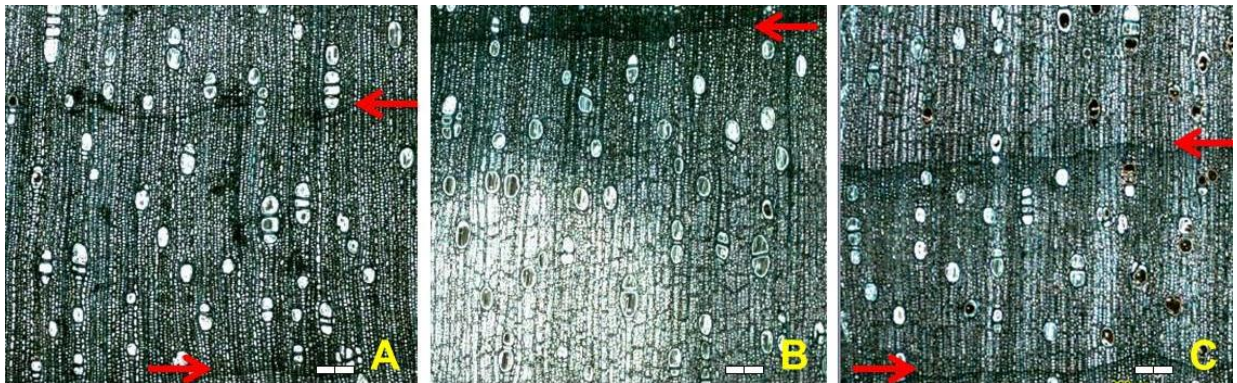


FIGURA 24 – PLANOS TRANSVERSAIS DO XILEMA SECUNDÁRIO DE *Sebastiania commersoniana*. A: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 1998. B: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 2000. C: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 2006. SETAS INDICAM MARCAÇÃO DA CAMADA DE CRESCIMENTO. A BARRA CORRESPONDE A 200 μm

Fonte: O autor (2013)

A diminuição da frequência de vasos no ano de 2006 pode ser consequência da menor precipitação nesse período, o que pode estimular uma resposta da planta a uma menor disponibilidade hídrica, não trazendo a necessidade de a planta ser tão eficiente na condução de água, pois segundo Baas e Wheeler (2011), um aumento na frequência de vasos aumentaria a eficiência na condução de água, pois há mais vias por onde a água pode circular.

Em relação ao diâmetro tangencial médio dos elementos de vaso, houve uma variação de 53,9 até 74,6 μm (FIGURA 23), sendo que não houve diferença significativa entre os diâmetros ao longo dos anos. Como não houve condições ambientais diferenciadas, relacionada principalmente à umidade do solo após a

contaminação, essa variação também não é expressa no diâmetro tangencial dos vasos.

Quanto ao agrupamento dos vasos, a proporção de vasos múltiplos e solitários se mantém ao longo dos anos, não havendo diferença significativa, com um predomínio maior de vasos solitários (FIGURA 25). Analisando apenas os vasos múltiplos, há um predomínio de vasos geminados e vasos múltiplos de 3, seguido pelos múltiplos de 4 e menor incidência de vasos acima de múltiplos de 4.

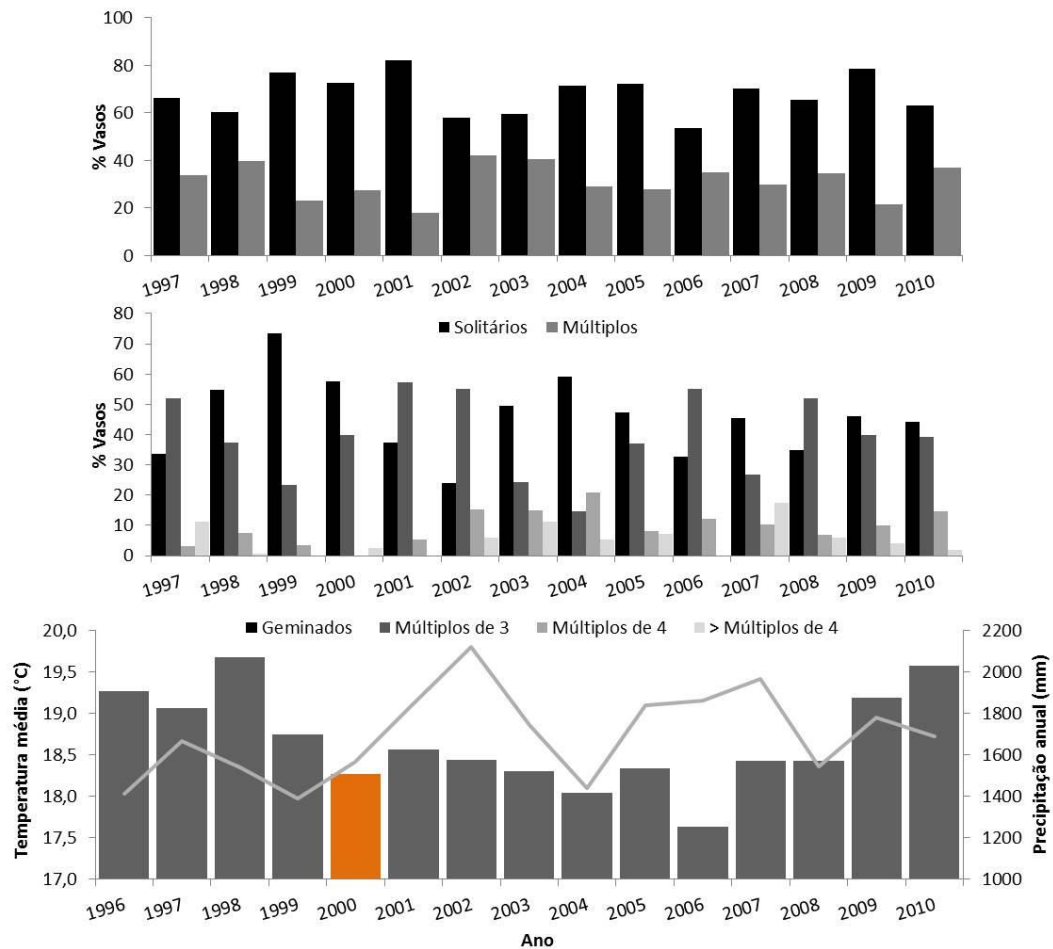


FIGURA 25 – VARIAÇÃO DO AGRUPAMENTO DOS VASOS DE *Sebastiania commersoniana*, NO PERÍODO DE 1997 A 2010, E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010

Fonte: O autor (2013)

6.3.1.2 *Hovenia dulcis*

Hovenia dulcis possui camadas de crescimento distintas (Figura 26), com transição gradual entre os lenhos inicial e tardio em um mesmo anel de crescimento e abrupta entre um anel formado no ano posterior. O anel é caracterizado como semi-poroso, como poros maiores no lenho inicial e com gradativa diminuição no lenho tardio, com presença de vasos solitários, geminados ou em agrupamentos radiais. Há formação de parênquima marginal e aumento da espessura das paredes das fibras (CHAGAS, 2009).

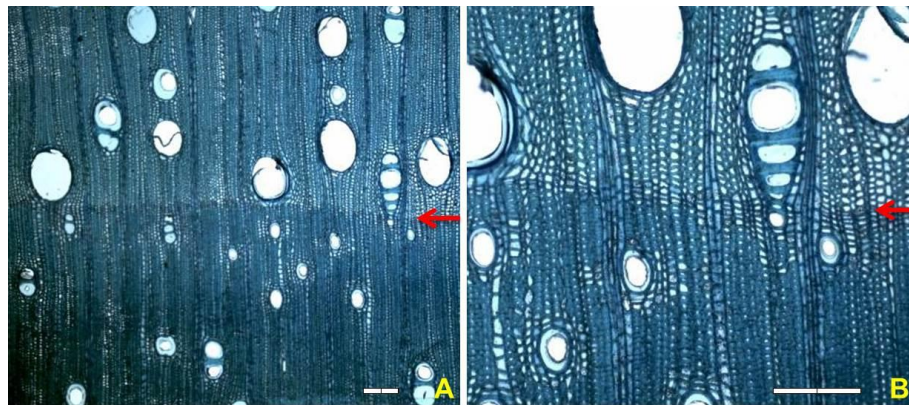


FIGURA 26 – PLANOS TRANSVERSAIS DO XILEMA SECUNDÁRIO DE *Hovenia dulcis*. A: LIMITE DA CAMADA DE CRESCIMENTO. B: DETALHE DO LIMITE DA CAMADA DE CRESCIMENTO. SETAS INDICAM MARCAÇÃO DA CAMADA DE CRESCIMENTO. A BARRA CORRESPONDE A 200 μm

Fonte: O autor (2013)

Em relação à frequência (FIGURA 27), houve variação de 2 a 7 vasos por mm^2 . A menor frequência é verificada no lenho inicial, onde ocorrem vasos maiores, e a maior frequência é verificada no lenho tardio, onde os vasos são menores.

O transporte de água tem importâncias diferentes em madeiras com anéis de crescimento porosos e semi-porosos (KEDROV, 2012). A presença de vasos relativamente largos no início do anel de crescimento é uma estratégia hidráulica de adaptação a climas sazonais. Vasos mais largos oferecem pequena resistência ao fluxo, porém maior vulnerabilidade à embolia, e vasos mais estreitos no lenho tardio, possuem maior resistência ao transporte de água, uma característica marcante em espécies decíduas de climas sazonais (BAAS; WHEELER, 2011; VERHEYDEN *et al.*, 2005). No período de crescimento, onde há maior precipitação, o indivíduo forma

vasos maiores em uma menor frequência, de forma que a condução de água seja eficiente. Em períodos com menor precipitação, o indivíduo forma vasos menores em uma maior frequência, de forma que seja mais seguro com relação à embolia.

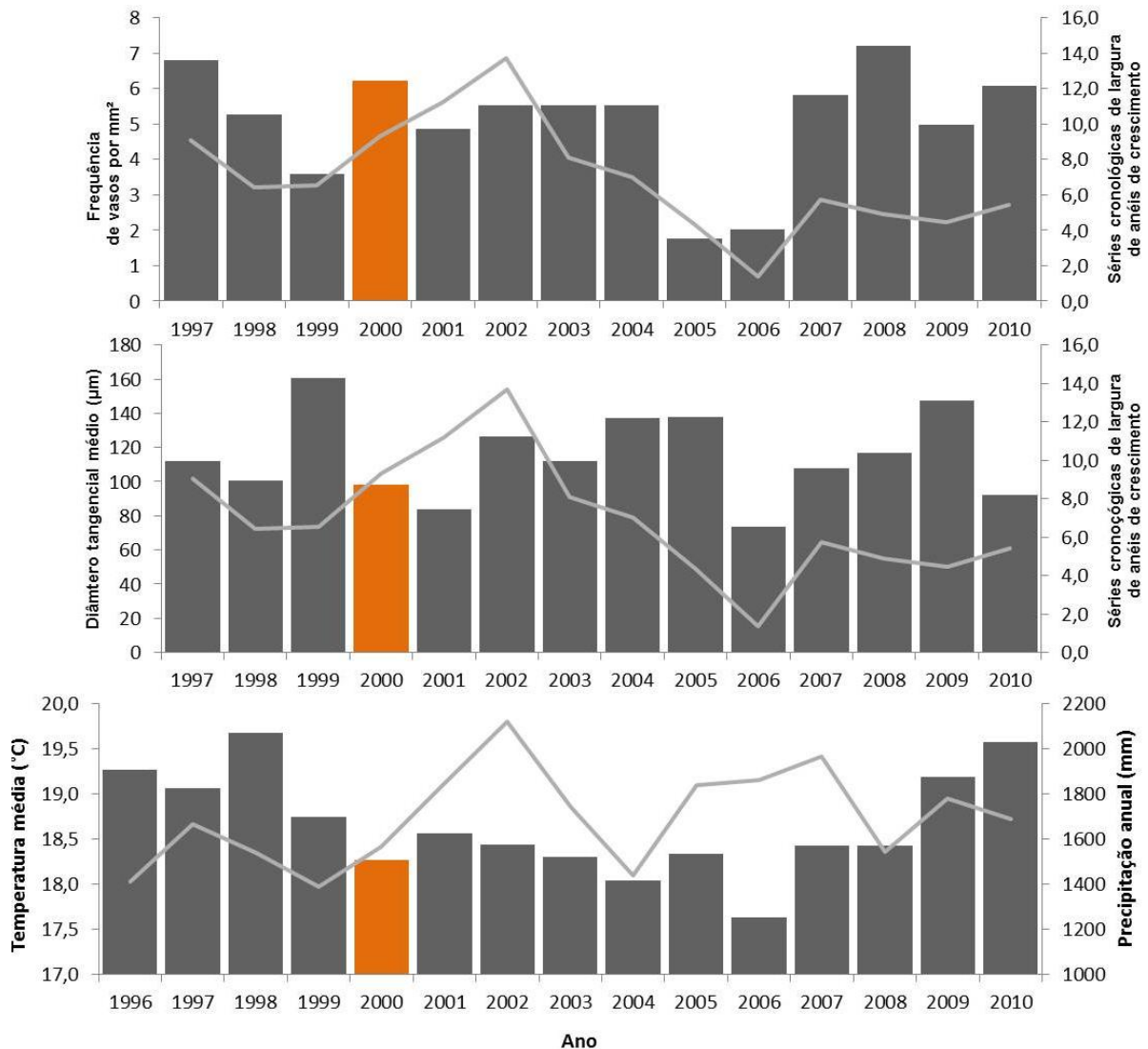


FIGURA 27 – VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA E DIÂMETRO TANGENCIAL DE VASOS POR mm² DE *Hovenia dulcis*, NO PERÍODO DE 1997 A 2010 (BARRAS), SÉRIES CRONOLÓGICAS DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO (LINHAS), E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010

Fonte: O autor (2013)

No ano de 2000 (em destaque na FIGURA 27), há um aumento na frequência dos vasos, assim como ocorrido com a *S. commersoniana*, como estratégia da planta para melhorar a condução de água tendo em vista o óleo no solo, porém leva a uma diminuição do diâmetro desta, provavelmente como segurança à embolia. O ano de 2002, também leva a um maior incremento do

indivíduo, tendo em vista as altas temperaturas, aumentando também o diâmetro e a frequência dos vasos.

Não houve diferença significativa entre a média da frequência dos vasos ao longo dos anos, principalmente comparando os anos anteriores a 2000 com a média de frequência dos vasos depois de 2000, embora haja uma diminuição expressiva da frequência nos anos de 2005 e 2006.

Ao analisar as condições meteorológicas de precipitação e temperatura média anual, nota-se que o ano de 2006 foi o ano com menor precipitação entre os anos analisados. Essa baixa precipitação em 2006 pode ser o motivo para a diminuição da frequência de vasos. Como discutido anteriormente com a espécie *S. commersoniana*, a diminuição da frequência pode ser uma adaptação da planta a uma menor disponibilidade hídrica, o que não traz a necessidade de a planta ser tão eficiente na condução de água.

No ano de 2005 não há uma diminuição na precipitação, então, provavelmente, outros fatores podem ter ocasionado esse efeito de diminuição da frequência de vasos. Há uma diminuição do incremento em diâmetro no ano de 2005 em relação aos anos anteriores, sendo ocasionado provavelmente pela menor precipitação e menor temperatura no ano anterior, 2004. Esse menor incremento pode justificar a menor frequência de vasos, já que o diâmetro tangencial não diminui.

Em relação ao diâmetro tangencial médio dos vasos, houve uma variação de 73,6 até 160,8 μm (FIGURA 27), sendo que os maiores diâmetros ocorrem no lenho inicial. Vasos maiores tem alta eficiência na condução de água, por isso o indivíduo acaba compensando no tamanho de diâmetro, já que possui uma baixa frequência, principalmente no lenho inicial, onde há maior disponibilidade hídrica. Não houve diferença significativa entre os diâmetros médios ao longo dos anos. Mesmo assim, nota-se uma diminuição expressiva do diâmetro no ano de 2006, que foi o ano de menor precipitação, sendo também uma adaptação da planta à menor disponibilidade hídrica nesse período.

Como comentado anteriormente, maiores diâmetros de elementos de vaso refletem grande importância na condução de água, pois a condutância da água é proporcional ao tamanho dos vasos (COSMO, 2008; ZIMMERMANN, 1983). *H. dulcis* se adapta bem em áreas aluviais justamente por essa característica no tamanho de vasos, que faz a espécie ter alta eficiência na condução de água.

Em relação ao agrupamento dos vasos, a espécie tem um predomínio muito maior de vasos solitários (FIGURA 28), havendo diferença significativa, apenas nos anos de 2003, 2004 e 2005, onde há uma quantidade maior de vasos solitários e bem menor de vasos múltiplos. Inclusive no ano de 2005, há apenas vasos solitários, coincidente com o ano em que ocorreu baixa frequência. Como comentado anteriormente, maior quantidade de vasos múltiplos é característica marcante em espécies sujeitas ao déficit hídrico (BAAS, WERKER, FAHN, 1983; CARLQUIST, 2001; KEDROV, 2012; ZIMMERMANN, 1983), o que não se enquadra nas condições dessa área de estudo, por isso os altos valores de vasos solitários, sendo comuns em ambientes com maior umidade (ALVES; ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000). Analisando apenas os vasos múltiplos, há um predomínio de vasos geminados, com baixa incidência das outras categorias.

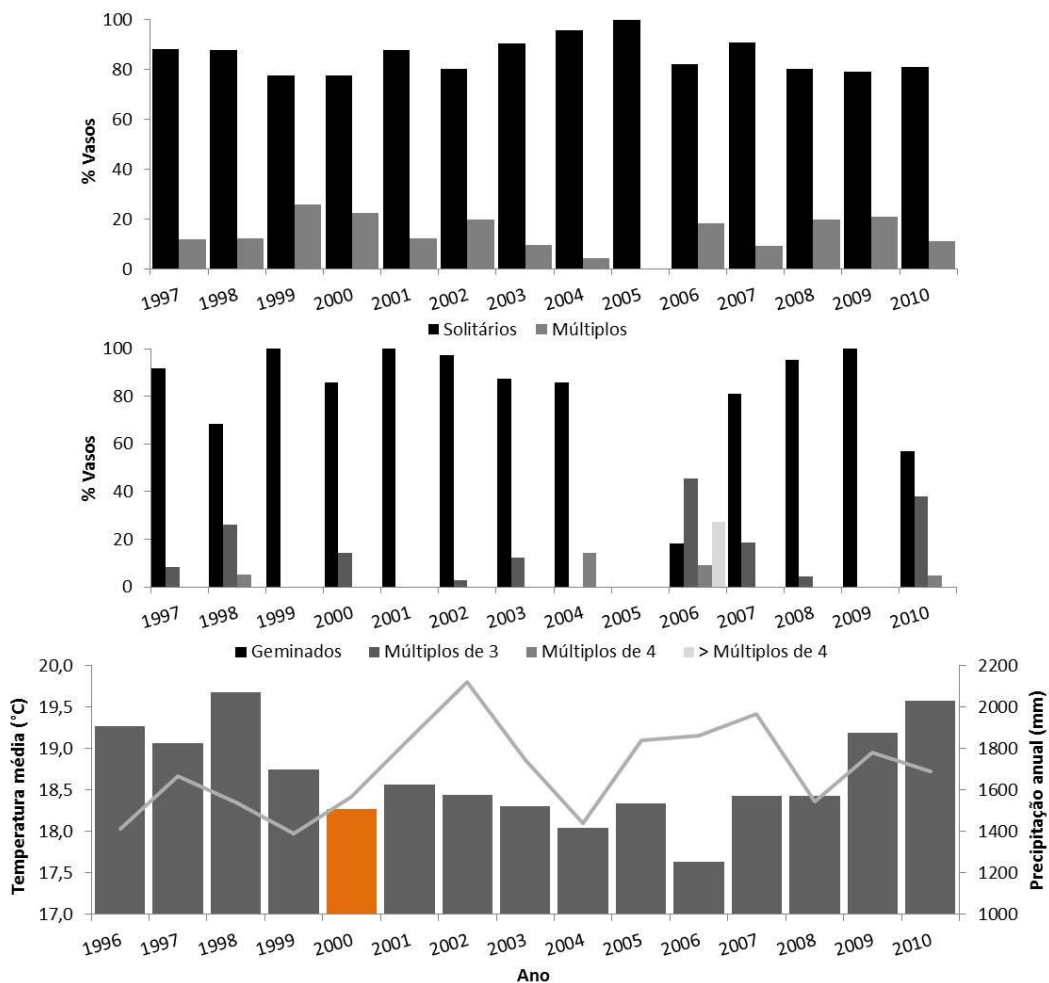


FIGURA 28 – VARIAÇÃO DO AGRUPAMENTO DOS VASOS DE *Hovenia dulcis*, NO PERÍODO DE 1997 A 2010, E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010
Fonte: O autor (2013)

6.3.2 Condição Ambiental 2 – Saturação hídrica permanente

6.3.2.1 *Sebastiania commersoniana*

No indivíduo da condição 2, a frequência de vasos por mm² variou de 11 a 22, com o menor valor encontrado antes do ano do derramamento de petróleo, e o maior valor encontrado no ano de 2010 (FIGURA 29).

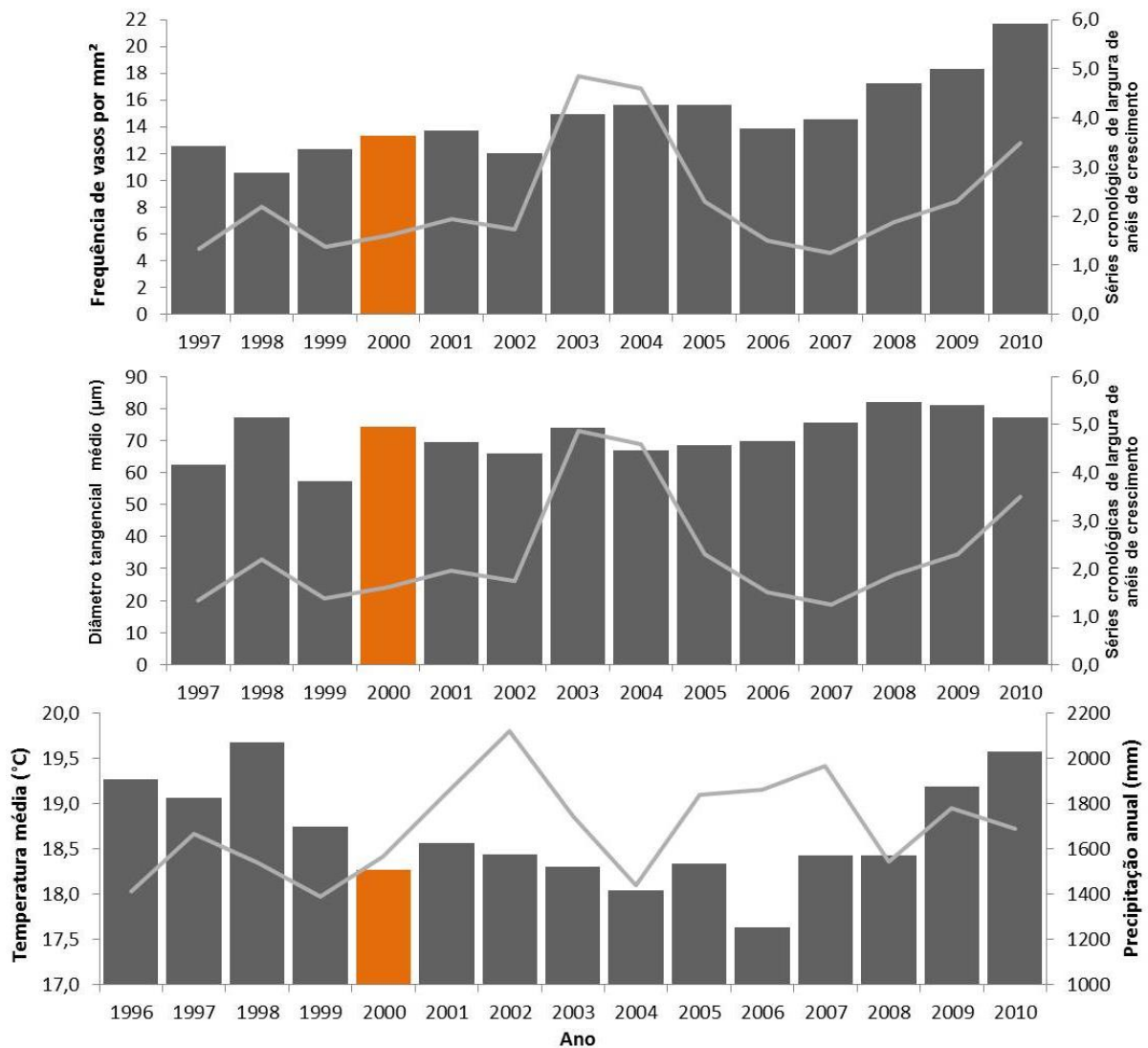


FIGURA 29 – VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA E DIÂMETRO TANGENCIAL DE VASOS POR mm² DE *Sebastiania commersoniana*, NO PERÍODO DE 1997 A 2010 (BARRAS), SÉRIES CRONOLÓGICAS DE LARGURA DE ANÉIS DE CRESCIMENTO (LINHAS), E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010

Fonte: O autor (2013)

No ano de 1998, onde ocorreu a menor frequência de vasos, foi um ano com grande precipitação e que ocorreu um dos maiores diâmetros tangenciais médios. Então para uma maior eficiência na condução de água, nessa situação, o indivíduo aumentou apenas o diâmetro e não a frequência de vasos. Nos anos de 2000 e 2001, como resposta ao derramamento, o indivíduo aumenta a frequência e diâmetro dos vasos, para ser mais seguro na condução de água. Nos anos de 2003 e 2004, anos em que o indivíduo mais cresce, tem-se como consequência uma maior frequência e diâmetro tangencial dos vasos.

Nota-se um aumento da frequência de vasos ao longo do ano, resultado oposto ao que foi encontrado no indivíduo da condição 1. Os valores de frequência nessa condição também são maiores quando comparados ao da condição 1, principalmente após a contaminação ambiental.

Houve diferença significativa entre a média da frequência dos vasos nos anos anteriores a 2000 com a média de frequência dos vasos depois de 2003. Isso mostra que a mudança no padrão não foi imediata após o alagamento da área, e sim a espécie teve uma resposta de forma gradual. Essa mudança gradual pode ser visualizada na FIGURA 30.

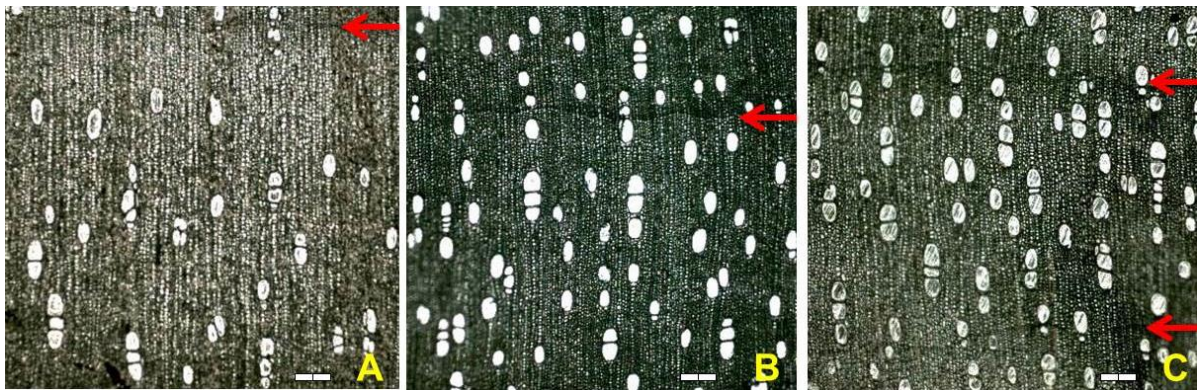


FIGURA 30 – XILEMA SECUNDÁRIO DE *Sebastiania commersoniana* EM PLANO TRANSVERSAL. A: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 1997. B: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 2003. C: CAMADA DE CRESCIMENTO REFERENTE AO ANO DE 2009. SETAS INDICAM MARCAÇÃO DA CAMADA DE CRESCIMENTO. A BARRA CORRESPONDE A 200 μm

Fonte: O autor (2013)

Os resultados mostram que o alagamento da área após o derramamento, que fez com que a área permaneça com saturação hídrica permanente do solo, certamente estimulou mudanças anatômicas na estrutura da madeira. Para ser mais eficiente na condução de água, já que há mais oferta hídrica, aumentou-se a

frequência de vasos. Provavelmente se a área não tivesse tido esse distúrbio, ela seguiria o mesmo padrão do indivíduo na condição 1.

COSMO (2008) encontrou resultados semelhantes, com as menores médias de frequência de vaso para *S. commersoniana* ocorrendo nas áreas com menor disponibilidade hídrica (Depósito Psamítico), quando comparadas àquelas de maior disponibilidade hídrica (Neossolo Flúvico e do Gleissolo Melânico). O autor discute que se esperava que ocorra o contrário, pois como a área pode sofrer com déficit hídrico, um maior número de vasos poderia ser uma estratégia interessante em termos de segurança para as árvores deste ambiente.

Em relação ao diâmetro médio dos vasos, houve uma variação de 57,4 até 82,2 μm , sendo que o menor valor foi encontrado antes de 2000 (FIGURA 29). De forma geral, não houve variação no diâmetro ao longo dos anos, mas a variação foi maior do que a do indivíduo da condição 1, observando um aumento principalmente nos últimos anos de análise, embora não haja diferença significativa.

Esse aumento no diâmetro dos vasos, embora pequeno, como também observado por Cosmo (2008), tem uma importância bastante grande na condução de água, pois, conforme Zimmermann (1983), a condutância é proporcional à quarta potência do raio dos vasos. Cosmo (2008) ao estudar a mesma espécie encontrou maiores diâmetros na área mais úmida (Neossolo Flúvico) quando comparada com outras áreas, discutindo que a espécie provavelmente desenvolve um sistema com maior capacidade de condução nessas condições.

Segundo Bass e Wheeler (2011), vasos maiores possuem alta eficiência e vasos menores baixa eficiência de condução da água. Nesse caso, o aumento do diâmetro tangencial do vaso não ocorreu de forma tão expressiva quanto o aumento da frequência. Essa baixa eficiência na condução de água acaba sendo compensada com a produção de um grande número de vasos menores, que aumenta o potencial de condução de água, porém diminui os riscos ao embolismo (BAAS; WHEELER, 2011).

Em relação ao agrupamento dos vasos, nota-se uma diminuição na quantidade de vasos múltiplos depois do ano 2000 (FIGURA 31), havendo diferença significativa. Uma maior quantidade de vasos múltiplos possibilita maior quantidade de vias para a passagem da água, o que acaba sendo um fator de segurança do sistema de condução, sendo essa uma característica bastante marcante em espécies sujeitas ao déficit hídrico (BAAS, WERKER, FAHN, 1983; CARLQUIST,

2001; KEDROV, 2012; ZIMMERMANN, 1983), assim como vasos solitários são mais frequentes em ambientes úmidos e raramente ocorrem agrupados (ALVES, ANGYALOSSY-ALFONSO, 2000). Dessa forma, justifica-se a diminuição desse padrão após o derramamento, pois há um acréscimo da disponibilidade hídrica nesses locais. Como visto no indivíduo da condição de saturação hídrica temporária, a proporção entre múltiplos e solitários praticamente não se alterou ao longo dos anos, por não ter havido esse aumento de disponibilidade hídrica que necessitasse de respostas.

Analisando apenas os vasos múltiplos, há um predomínio de vasos geminados, seguido por vasos múltiplos de 3, de 4 e menor incidência de vasos acima de múltiplos de 4, não havendo diferença significativa entre os anos avaliados.

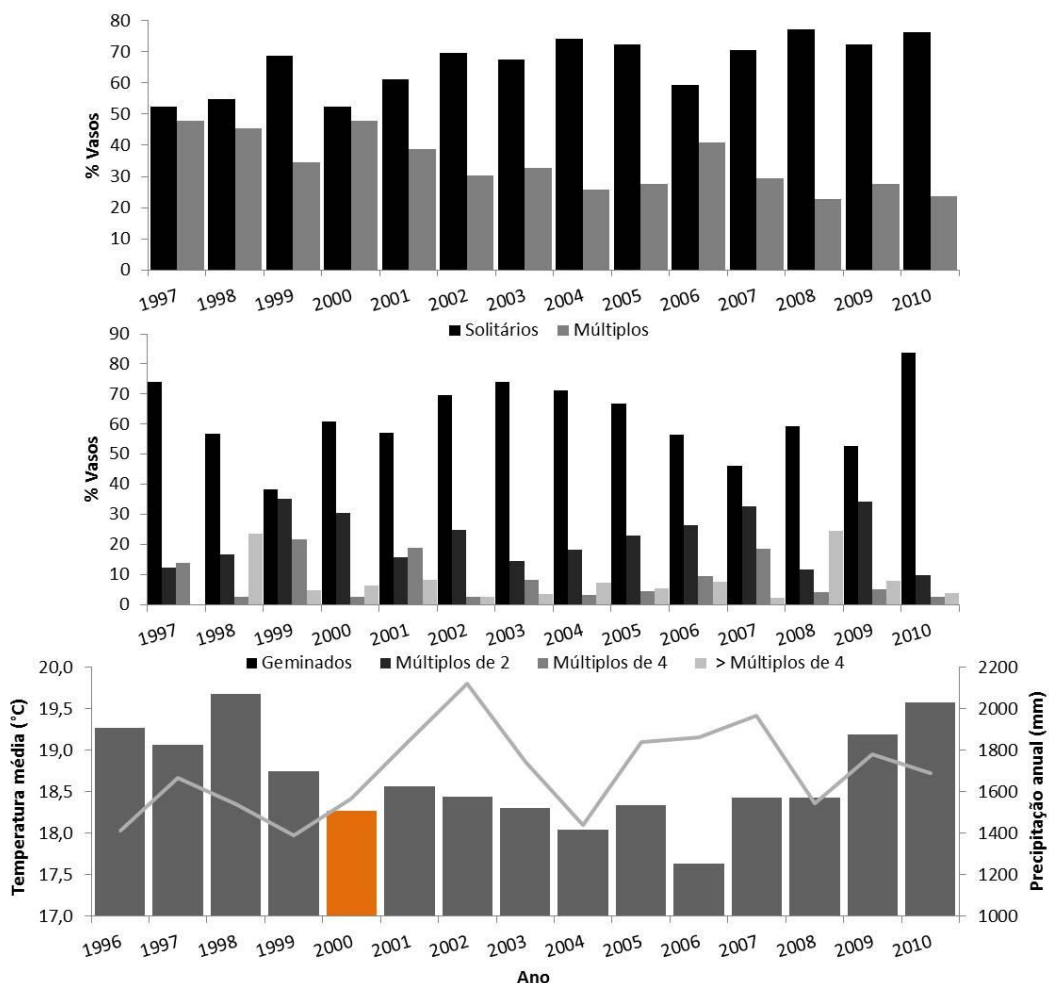


FIGURA 31 – VARIAÇÃO DO AGRUPAMENTO DOS VASOS DE *Sebastiania commersoniana*, NO PERÍODO DE 1997 A 2010, E PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA, NO PERÍODO DE 1996 A 2010

Fonte: O autor (2013)

Ao avaliar os resultados encontrados para os indivíduos de *S. commersoniana* nas duas condições, nota-se que houve claramente modificações anatômicas do indivíduo da condição de saturação hídrica permanente, como resposta às novas características ambientais. Isso comprova que *S. commersoniana* responde às diferentes condições ambientais, pois foram observadas variações entre as áreas amostradas tanto na frequência quanto no agrupamento de vasos.

Ao estudar diferentes espécies de uma área de Floresta Ombrófila Densa Aluvial no Rio de Janeiro, RJ, Callado *et al.* (2001) verificaram que as espécies da família Euphorbiaceae mostraram diferenças na estrutura em áreas com saturação hídrica permanente quando comparadas com temporária. A mesma comprovação também foi constada por Cosmo (2008).

Essa capacidade de adaptação da espécie é um diferencial que em parte assegura a permanência desta em ambientes alterados, como nesse caso de contaminação ambiental, tendo como consequência o aumento da saturação hídrica do solo, fazendo com que a espécie facilmente se adapte, por mecanismos diversos, às novas condições ambientais impostas.

6.4 CONCLUSÕES

- Os indivíduos de *Sebastiania commersoniana* e *Hovenia dulcis* submetidos a uma condição de solo com saturação hídrica temporária, de forma geral, não mostraram mudanças expressivas nos parâmetros avaliados ao longo dos anos, respondendo às variações nas condições meteorológicas e de crescimento.
- Em solo com saturação hídrica permanente houve claramente modificações anatômicas de *S. commersoniana*, principalmente de frequência e agrupamento de vasos, como forma de adaptação às novas condições ambientais.
- *S. commersoniana* responde anatomicamente às diferentes condições ambientais, pois foram observadas variações entre as áreas amostradas, em quase todos os caracteres anatômicos avaliados.
- As consequências da contaminação, com a construção de diques para descontaminação da área, ocasionaram respostas na estrutura anatômica da madeira de *S. commersoniana*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, E. S.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. 1. Growth rings and vessels. **IAWA Journal**, Leiden, v. 21, n. 1, p. 3-30, 2000.

ARNOLD, D.H.; MAUSETH, J.D. Effects of environmental factors on development of wood. **American Journal of Botany**, New York, n. 86, p. 367–371, 1999.

BAAS, P.; WHEELER, E. A. Wood anatomy and climate change. In: HODKINSON, T. R.; JONES, M. B.; WALDREN, S.; PARNELL, J. A. N. **Climate Change, Ecology and Systematics**. Cambridge: Cambridge University Press. p. 141-155, 2011.

BAAS, P.; WERKER, E.; FAHN, A. Some ecological trends in vessel characters. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 4, p. 2-3, 1983.

CALLADO, C. H.; SILVA NETO, S. J. da; SCARANO, F. R.; BARROS, C. F.; COSTA, C. G. Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **IAWA Journal**, Leiden, v. 22, n. 1, p. 29-42, 2001.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy**: systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. New York: Springer-Verlag, 2001. 446 p.

CHAGAS, M. P. **Caracterização dos anéis de crescimento e dendrocronologia de árvores de *Grevillea robusta* A. Cunn, *Hovenia dulcis* Thunb., *Persea americana* Mill. *Tabebuia pentaphylla* Hemsl. e *Terminalia catappa* L. nos municípios de Piracicaba e Paulínia, SP**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

COSMO, N. L. **Anatomia ecológica e crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs, em diferentes condições geomorfológicas e pedológicas da planície do rio Iguaçu-PR**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

COSMO, N. L. KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos

funcionais e ecológicos. **Acta botanica brasílica**, São Paulo, v. 24, n. 3, p. 747-755, 2010.

GÄRTNER, H.; LUCCHINETTI, S.; SCHWEINGRUBER, F.H. New perspectives for wood anatomical analysis in Dendrosciences: The GSL1-microtome, **Dendrochronologia**, Jena, 2013. (No prelo).

HIENDRICH, I., GÄRTNER, H., MONBARON, M. Tension wood formed in *Fagus sylvatica* and *Alnus glutinosa* after simulated mass movement events. **IAWA Journal**, Leiden, v. 28, p. 39-48, 2007.

IAWA COMMITTEE. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Journal**, Leiden, v. 10, p. 219-332, 1989.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em 10 de dezembro de 2012.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: Mc Graw Hill Book, 1940. 523 p.

KEDROV, G. B. Functioning Wood. **Wulfenia Journal**, Klagenfurt, n. 19, p. 57-95, 2012.

O'BRIEN, T. P.; FEDER, N.; MCCULLY, M. E. Polychromatic staining of plant cell walls by toluidine blue O. **Protoplasma**, Vienna, v. 59, p. 368-373, 1965.

OVERDIECK, D., ZICHWE, D., BÖTTCHER-JUNGCLAUS, K. Temperature responses of growth and wood anatomy in European beech saplings grown in different carbon dioxide concentrations. **Tree Physiology**, Victoria, v. 27, p. 261-268, 2007.

RESCK, D. V. S.; SILVA, J. E. Importância das matas de galeria no ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica. In: **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina, DF: EMBRAPA – CPAC, 1998. p. 31-49.

SCHWEINGRUBER, F.H. **Wood structure and environment**. Heidelberg: Springer Series in Wood Science, 2007. 279 p.

VAZ, M., COCHARD, H., GAZARINI, L., GRAÇA, J., CHAVES, M. M., PEREIRA, J.S. Cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings acclimate to elevated CO₂ and water stress: photosynthesis, growth, wood anatomy and hydraulic conductivity. **Trees**, Berlin, v. 26, p. 1145-1157, 2012.

VERHEYDEN, A., DE RIDDER, F., SCHMITZ, N., BEECKMAN, H., KOEDAM, N., High-resolution time series of vessel density in Kenyan mangrove trees reveal a link with climate. **New Phytologist**, London, v. 167, p. 425–435, 2005.

ZIMMERMANN M. H. **Xylem structure and the ascent of sap**. Berlin: Springer Series in Wood Science, 1983. 142p.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os trabalhos realizados permitiram uma melhor compreensão do desenvolvimento das espécies nas condições analisadas.

Um fator preocupante na área é o grande e contínuo crescimento das espécies exóticas, que pode representar uma ameaça aos remanescentes ripários, principalmente à espécie nativa mais representativa da área, *Sebastiania commersoniana*. A partir dos resultados apresentados, é importante que ações futuras para controle e se possível erradicação das espécies exóticas invasoras sejam realizadas, de forma que o desenvolvimento da vegetação nativa não seja comprometido.

A partir das relações entre o crescimento e as variáveis ambientais analisadas, verificou-se que as espécies correlacionam de forma significativa com as variáveis meteorológicas, fornecendo informações importantes sobre o que impulsiona o crescimento da vegetação. As informações geradas podem fornecer subsídios para futuros projetos que possam diminuir a degradação em áreas similares no Sul do Brasil.

Verificou-se grande potencial na utilização das espécies *S. commersoniana* e *H. dulcis* em estudos dendrocronológicos e dendroecológicos. Dessa forma, estudos futuros que relacionem o crescimento destas com outras variáveis ambientais são promissores de serem realizados.

A construção de diques como tentativa de retirada do óleo, afetou o desenvolvimento da espécie *S. commersoniana*. Esses resultados devem servir como alerta para que sejam realizadas mais pesquisas e para que ocorram melhores planejamentos para a escolha adequada de técnicas de remediação ambiental.

Como forma de adaptação a esse aumento da saturação hídrica do solo, *S. commersoniana* apresenta modificações na anatomia dos vasos do lenho, comprovando mais uma vez a sua grande plasticidade para ocupar diferentes condições ambientais. Essa capacidade de adaptação da espécie justifica a sua forte presença em ambientes aluviais, inclusive em ambientes alterados, como o que ocorre no presente estudo.