

**DENDROECOLOGIA DE *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs E *Hovenia dulcis* Thunb. EM UMA ÁREA DEGRADADA NA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA ALUVIAL, SUL DO BRASIL**

DENDROECOLOGY OF *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & Downs AND *Hovenia dulcis* Thunb. IN A DEGRADED AREA IN ALLUVIAL MIXED OMBROPHILOUS FOREST, SOUTHERN BRASIL

Maria Raquel Kanieski<sup>1</sup> Franklin Galvão<sup>2</sup> Fidel Alejandro Roig<sup>3</sup> Paulo Cesar Botosso<sup>4</sup>

**RESUMO**

Em uma área da Floresta Ombrófila Mista Aluvial impactada por vazamento de óleo bruto no município de Araucária - PR, Brasil, conduziu-se o estudo dendroecológico de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs (Euphorbiaceae) e da espécie exótica *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae). Os objetivos do estudo foram avaliar o efeito do alagamento da área a partir da construção de diques como medida de descontaminação de petróleo e de fatores meteorológicos no crescimento em diâmetro do tronco de ambas as espécies. 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: SHT – saturação hídrica temporária (*Sebastiania commersoniana* n=12; *Hovenia dulcis* n= 10) e SHP – saturação hídrica permanente (*Sebastiania commersoniana* n=6; *Hovenia dulcis* n= 0). Séries cronológicas foram desenvolvidas, correlacionando-as com dados meteorológicos da região. Os resultados demonstraram que os indivíduos da espécie nativa em ambas as condições apresentaram padrão semelhante de crescimento, com tendência de diminuição ao longo dos anos; diferentemente dos indivíduos da espécie exótica, com tendência de aumento do incremento ao longo dos anos. Os indivíduos da condição SHP tiveram taxas menores de incremento após o ano do derramamento, o que mostra que o alagamento da área a partir da construção de diques como tentativa de descontaminação afetou o crescimento dos indivíduos. O crescimento das espécies correlacionou-se com a precipitação apenas na condição SHT. A temperatura mínima representou ser fator limitante ao crescimento de *Sebastiania commersoniana*, mostrando que temperaturas mais elevadas são importantes para o crescimento, principalmente no início do período deste. Entretanto, a ocorrência de temperaturas muito altas nos meses mais quentes pode ser limitante ao crescimento. Para *Hovenia dulcis*, nenhuma correlação significativa foi observada com a temperatura, porém, a precipitação mostrou-se fundamental nos meses em que a espécie mais cresce, sendo, no entanto, prejudicial em meses subsequentes às fortes chuvas devido ao efeito de saturação hídrica do solo.

**Palavras-chave:** contaminação ambiental; dendrocronologia; espécie exótica.

1 Engenheira Florestal, Dr<sup>a</sup>, Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina, Avenida Luiz de Camões, 2090, Bairro Conta Dinheiro, CEP 88520-000, Lages (SC), Brasil. raquel.kanieski@udesc.br

2 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Avenida Prefeito Lothário Meissner, 3400, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil. fgalvao@ufpr.br

3 Engenheiro Florestal, Dr., Professor do Departamento de Dendrocronologia e Historia Ambiental, Instituto Argentino de Nivología y Glaciología, Avenida Ruiz Leal, s/n, Parque General San Martín, CP 5500, Mendoza (MZ), Argentina. froig@mendoza-conicet.gob.ar

4 Engenheiro Florestal, Dr., Pesquisador da Embrapa Florestas, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Estrada da Ribeira, Km 111, Bairro Guaraituba, CEP 83411-000, Colombo (PR), Brasil. paulo.botosso@embrapa.br

## ABSTRACT

In a forest remnant of the Alluvial Mixed Rain Forest impacted by crude oil spill in the district of Araucaria in Paraná, Brazil, we conducted a dendroecological study of *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B.Sm. & Downs (Euphorbiaceae) and the exotic species *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae). The study objectives were to evaluate the effect of the flooding area by dyke construction as way to decontamination petroleum and the meteorological factors in the tree diameter growth of both species. Wood samples were collected using increment borer, from two conditions, both on hydromorphic soils (Haplic Gleisol), but at two sites differing in the depth of the water table: SHT – temporary water saturation (*Sebastiania commersoniana* n=12; *Hovenia dulcis* n= 10) and SHP – Permanent water saturation (*Sebastiania commersoniana* n=6; *Hovenia dulcis* n= 0). Radial time series were developed and correlated with the meteorological data from the region. Results show that individuals of native species at both soil conditions experienced similar inter-annual growth patterns with decreasing trend over the years; differently individuals of exotic species, with increase of increment over the years. Individuals of SHP condition had lower rates of growth after the year of the spill, which shows that the flooding of the area by construction of dykes as attempt to decontaminate, affected the growth of individuals. The construction of dykes as attempt to decontaminate the area affected de individual growth. Precipitation showed a direct link with tree growth, only at sites with temporary water saturation. Moreover, minimum air temperature is a factor limiting the growth of *Sebastiania commersoniana*, showing that high temperatures stimulate growth, particularly at the early stages of the growth period while warmer months may depress the growth. *Hovenia dulcis* showed no significant correlation with temperature, but precipitation arises as crucial factor for growth, but the effect of soil saturation in the subsequent months may limit tree growth.

**Keywords:** environmental contamination; dendrochronology; exotic species.

## 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).

O remanescente de floresta aluvial no âmbito de Floresta Ombrófila Mista (FOM) 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. Para a descontaminação da área, foram construídos diques e foi realizado o alagamento da área para, por diferença de densidade, fazer o óleo chegar à superfície do solo e então retirá-lo. 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.

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 (FRITTS, 1976). A vegetação arbórea presente em área contaminada, com potencial de estudo dendroecológico, pode fornecer informações fundamentais sobre o desenvolvimento desta pós-intervenção ambiental, auxiliando em futuras estratégias para recuperação e monitoramento de áreas contaminadas (MEDEIROS et al., 2008).

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: MUNARETO, 2007; FIGUEIREDO-FILHO et al., 2008; KANIESKI et al., 2012; 2013), 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; SPHATELF et al., 2000; DÜNISCH; BAUCH; GASPAROTTO, 2002; MARIA, 2002; NUTTO; WATZLAWICK, 2002; DÜNISCH; MONTÓIA; BAUCH, 2003; FERREIRA-FEDELE et al., 2004; MUNARETO, 2007; LISI et al., 2008; CARDOSO et al., 2012), em que a precipitação é extremamente importante para a retomada do crescimento, porém, é limitante quando estiver em excesso no solo. Em relação ao efeito de saturação hídrica do solo, estudos dendrocronológicos demonstram que o crescimento das espécies diminui quanto maior for a saturação hídrica ou inundação do solo (e.g: LOOMANS, 1993; MARTENS, 1993; DÜNISCH; MONTÓIA; BAUCH, 2003; CARDOSO et al., 2012; SKOLAUT, 2012; ANDERSSON; SJÖGREN, 2014).

Tendo em vista a grande pressão no remanescente de FOM Aluvial em Araucária - PR e a sua importância para manutenção das funções ecológicas no local, objetiva-se com esse estudo avaliar diferenças entre as 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 *Sebastiania commersoniana* e *Hovenia dulcis*.

A hipótese proposta é que a diferença na saturação hídrica do solo ocasionada pela construção de diques tenha influenciado no crescimento das espécies e que o incremento em diâmetro esteja relacionado às variáveis meteorológicas avaliadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em uma área localizada na Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), unidade da Petróleo Brasileiro S.A. (PETROBRAS), no município de Araucária, porção centro-sul do Primeiro Planalto paranaense (25°35'12" S e 49°20'45" W) e possui 0,9 ha. Está estabelecida em uma planície inundável do Rio Barigui, na qual predominam solos naturalmente hidromórficos, sendo comuns os Gleissolos (RESCK; SILVA, 1998). 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. (2004), 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. As espécies florestais foram amplamente exploradas na região da bacia do rio Iguaçu, principalmente o branquilha, com relatos históricos de exploração nas expedições ao longo do rio Iguaçu desde as últimas décadas de 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).

Além da pressão devida à larga ocupação urbana próxima a este remanescente, no ano 2000, uma área adjacente a este 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.

O clima na região é do tipo Cfb (Köppen), com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com inverno frio e geadas frequentes (ALVARES et al., 2013). A média de precipitação para a região, considerando-se uma série histórica de 1961-2011, é de 1.490 mm/ano, sendo janeiro o mês mais chuvoso (média de 198 mm) e agosto o mês 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 (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2012). O climatograma mensal de precipitação e temperatura para a região pode ser visualizado na Figura 1.

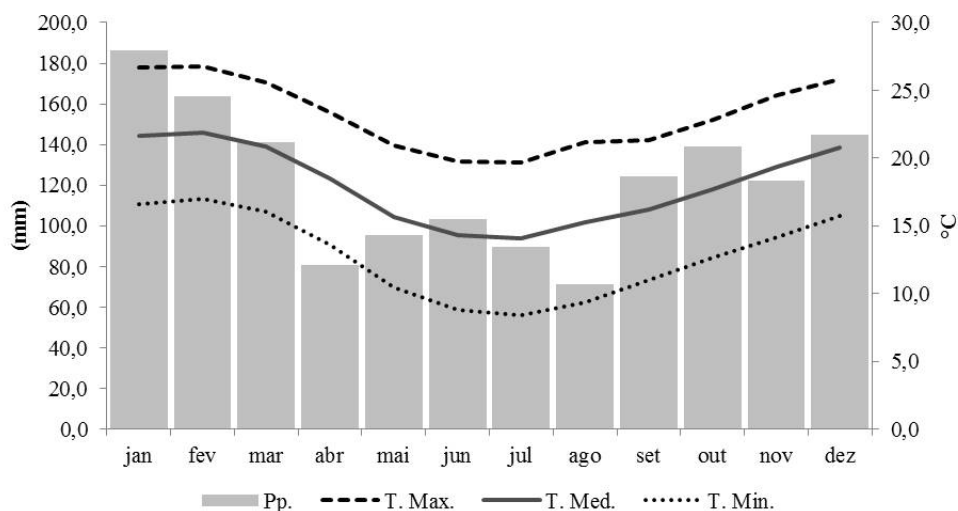


FIGURA 1: Climatograma mensal de precipitação e temperatura para a região de Curitiba, distante aproximadamente 20 km da área de estudo (Fonte: LONGHI-SANTOS (2013)).

FIGURE 1: Monthly climatogram of precipitation and temperature for region of Curitiba, distant about 20km of the study area.

Para a análise dendroecológica das duas espécies, foram selecionados 20 indivíduos em duas condições distintas, ambas no mesmo remanescente florestal, sendo: SHT o solo hidromórfico (Gleissolo Háplico), saturação hídrica temporária e lençol freático frequentemente mais profundo (profundidade média: 50 cm; mínima: 32 cm; máxima: 62 cm); e SHP, 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 oito indivíduos adultos (Perímetro a Altura do Peito – PAP, maior que 15 cm) de *Sebastiania commersoniana* (branquilha) na condição SHT e seis indivíduos na condição SHP. Para *Hovenia dulcis* (uva-do-Japão) foram selecionados seis indivíduos adultos (PAP maior que 15 cm) na condição SHT devido à inexistência de indivíduos em SHP. Amostras não destrutivas do lenho dos indivíduos selecionados contendo séries temporais radiais (aproximadamente 5 mm de diâmetro) foram coletadas a altura do peito (1,30 m), com o uso de um trado de *Pressler*, totalizando três raios por indivíduo. As amostras foram fixadas sobre suportes de madeira até a sua completa secagem, sendo, posteriormente, submetidas ao polimento superficial gradual da seção transversal com lixas abrasivas de diferentes granulometrias (80 a 600 grãos/mm<sup>2</sup>) (SPEER, 2012).

As análises dos anéis de crescimento foram realizadas no Departamento de Dendrocronologia e História Ambiental do Instituto Nacional de Nivologia, Glaciologia e História Ambiental (IANIGLA, Mendoza, Argentina). As amostras de lenho das duas espécies foram previamente analisadas macroscopicamente com o auxílio de um microscópio Leica modelo KL, para reconhecimento e delimitação dos limites dos anéis de crescimento. Posteriormente, as amostras foram digitalizadas em *scanner* HP Deskjet (Resolução de 1200 dpi) juntamente com uma escala milimétrica. A largura dos anéis de crescimento foi determinada no aplicativo computacional de análise de imagem Image Pro Plus<sup>®</sup>. Este aplicativo foi calibrado por meio da escala digitalizada com uma precisão de 0,01 mm.

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). 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*, a 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 SHT, da SHP e da SHT e SHP; entre os indivíduos da uva-do-Japão e, entre os indivíduos de branquilha e uva-do-Japão para a condição SHT e para as condições SHT e SHP. 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 (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2012). Assim, para cada ano de crescimento (largura do anel de crescimento), a precipitação acumulada em cada mês do ano em questão foi correlacionada, bem como a média de temperatura mínima e máxima. Além disso, partindo do princípio de que o crescimento pode se dar em resposta às condições pretéritas à estação de crescimento, também foram testados os períodos de precipitação e de temperatura prévios. Cabe destacar, que o ano de crescimento do tronco das árvores (ano biológico) não coincide com o ano calendário, pois, no hemisfério sul, as árvores iniciam seu crescimento e desenvolvimento no final do inverno e/ou início da primavera, até o ano seguinte.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Datação cruzada

O resultado das correlações para as duas espécies analisadas separadamente para os diferentes sítios apresentou boa sincronização relacionada ao nível crítico de significância (Tabela 1).

TABELA 1: Qualidade da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento do lenho das árvores de *Sebastiania commersoniana* e *Hovenia dulcis* em áreas distintas.

TABLE 1: Quality of synchronization between the time series of the growth rings of the wood of trees *Sebastiania commersoniana* and *Hovenia dulcis* in different areas.

Análises	Espécies					
	<i>Sebastiania commersoniana</i>			<i>Hovenia dulcis</i>	<i>Sebastiania commersoniana</i> e <i>Hovenia dulcis</i>	
Condição	SHT	SHP	SHT e SHP	SHT	SHT	SHT e SHP
Número de séries (árvores)	11 (8)	12 (6)	23 (14)	13 (6)	24 (14)	36 (18)
Série codatada	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

Em que: SHT = condição de saturação hídrica temporária. SHP = condição de saturação hídrica permanente.



As idades das árvores variaram de 25 a 48 anos para *Sebastiania commersoniana* e de 13 a 31 anos para *Hovenia dulcis*. A falta de indivíduos de *Sebastiania commersoniana* com mais idade na área de estudo pode estar relacionada com o impacto florestal que ocorreu até a década de 1950, quando foram extraídas diversas espécies florestais para abastecimento de 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 pouco distinta dos anéis de crescimento, os valores menores que 0,5 podem ser considerados de alta intercorrelação. A correlação ficou abaixo do nível crítico de significância na comparação do incremento dos indivíduos da condição SHT e SHP e do crescimento do branquilha com o da uva-do-Japão (Tabela 1). 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 (CHAGAS, 2009; LONGHI-SANTOS, 2013).

Longhi-Santos (2013) encontrou uma intercorrelação de 0,472 e uma média de sensibilidade de 0,387 para *Sebastiania 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 *Hovenia dulcis* em duas áreas distintas, encontrando correlação de 0,742 (n=5) para uma área com registro de contaminação por Mercúrio e de 0,457 (n=12) para uma área sem registro de contaminação por Mercúrio. A alta correlação encontrada para a espécie na área contaminada pode ser devido ao baixo número de amostras analisadas (n=5), que facilita uma maior sincronização das séries temporais.

Segundo Grissino-Mayer (2001), valores acima de 0,30 da média de sensibilidade são considerados altos, o que mostrou que as espécies analisadas têm alta sensibilidade às variações ambientais, sendo consideradas satisfatórias para estudos dendroecológicos. Ao comparar as duas espécies, notou-se que a média de sensibilidade da uva-do-Japão é bem maior que a do branquilha, mostrando que essa espécie respondeu de forma mais expressiva às variações ambientais da área (Tabela 1).

As séries *master* e *standard* para as diferentes espécies, nas diferentes condições, podem ser visualizadas na Figura 2.

Em anos de menor precipitação, como no ano de 1985, notou-se uma queda evidente no incremento das diferentes espécies, assim como em anos de grande precipitação, como nos anos de 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 *Sebastiania commersoniana* na condição SHP. Da mesma forma temperaturas muito altas, como no ano 2002, também podem diminuir o incremento, como observado com *Sebastiania commersoniana* na condição SHP e *Hovenia dulcis*. Isso mostrou que eventos extremos de temperatura ou precipitação, seja para escassez ou excesso, podem afetar o crescimento das espécies avaliadas. Contudo, esses padrões não são observados em todos os anos, o que mostra que outros fatores além dos meteorológicos podem influenciar no maior ou menor crescimento das espécies.

As séries cronológicas para *Sebastiania commersoniana* (Figura 3) nas condições SHT e SHP apresentaram padrão semelhante, mesmo que a correlação esteja abaixo do nível crítico de significância, mostrando que as árvores responderam 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.

Observou-se maior sincronia entre as séries das duas condições a partir da década de 80, na qual também se tem um maior número de indivíduos que abrangeram este período, o que tornou 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 modificou, sendo que na condição SHT se mantém praticamente estável e, na condição SHP, há um acréscimo logo após a contaminação, que depois diminui consideravelmente, mostrando que o alagamento da área

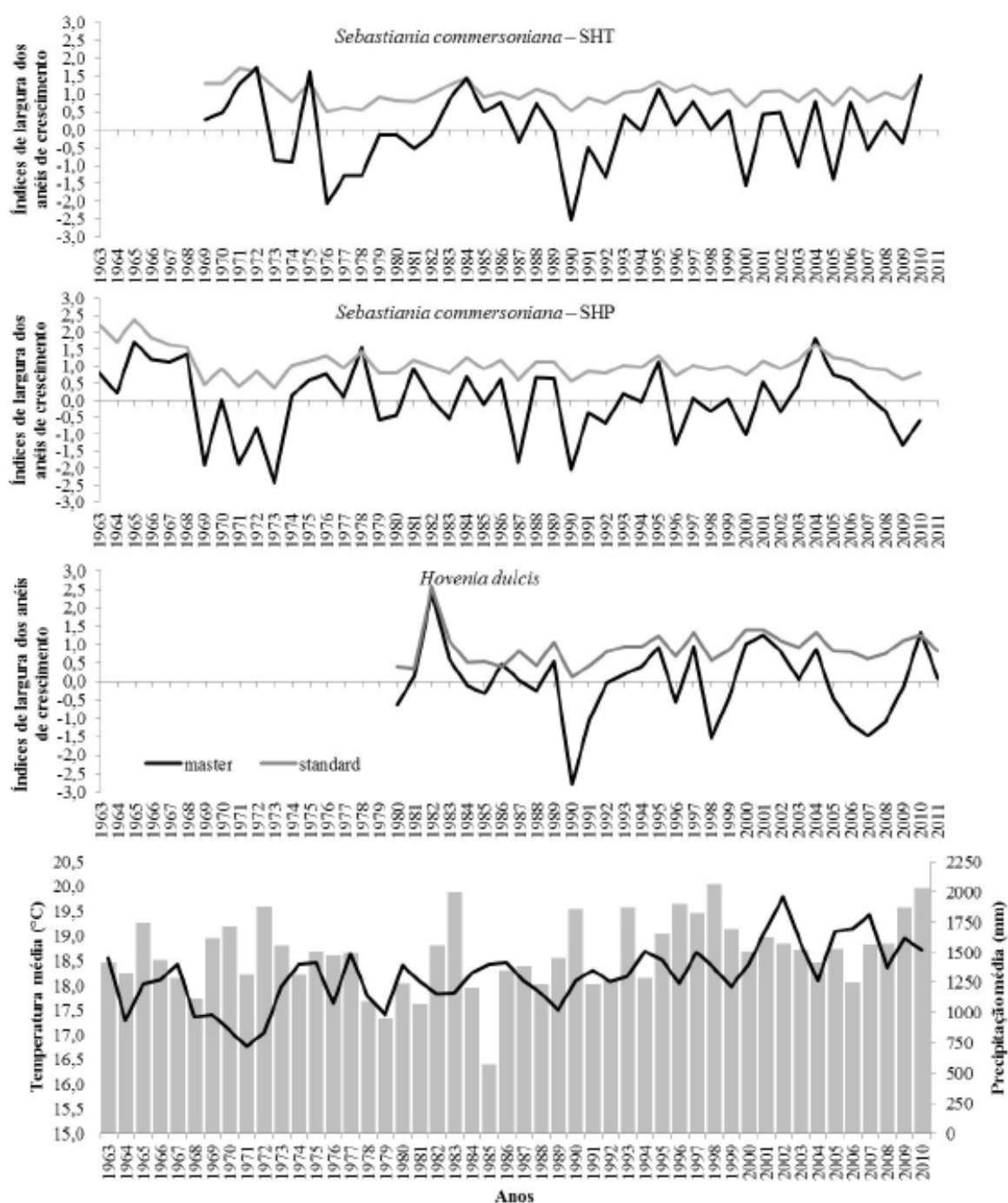


FIGURA 2: Comparação entre as séries de índices de largura de anéis de crescimento das séries *master* e *standard* e climatograma de precipitação (barras) e temperatura média (linha).

FIGURE 2: Comparison between the width of growth rings index series of standard and master series and climatology of precipitation (bars) and mean temperature (line).

como tentativa de retirada do óleo, influenciou no crescimento da espécie. Assim, o alagamento pode ter diminuído o efeito da contaminação em um primeiro momento, mas a saturação hídrica permanente fez com que o incremento diminuísse ao longo dos anos. Outros estudos também demonstram que o excesso de água no solo influencia negativamente no crescimento diâmetro das espécies, como o de Spathelf et al. (2000) com *Ocotea pulchella* Mart., em Itaara - RS; Cardoso et al. (2012) com *Citharexylum myrianthum*



FIGURA 3: Séries de índices de largura de anéis de crescimento do lenho de *Sebastiania commersoniana*.  
 FIGURE 3: Width of growth rings index series of the *Sebastiania commersoniana* wood.

Cham em Antonina, Paraná; Dünisch, Montoia e Bauch (2003) com *Swietenia macrophylla* King, *Carapa guianensis* Aubl. e *Cedrela odorata* L. na Amazônia Central; Loomans (1993) com diferentes espécies do gênero *Quercus* spp. e *Celtis occidentalis* Torr. em Illinois, Estados Unidos; Martens (1993) com *Salix* spp. em Sidney, Austrália; Skolaut (2012) com as espécies *Populus deltoides* L., *Juniperus virginiana* L. e *Elaeagnus angustifolia* L. em Nebraska, Estados Unidos.

No início da década de 1960, o incremento anual era bem superior, por volta de 1965, registrou-se uma queda abrupta deste, que a partir de então atingiu patamares ainda menores (Figura 3). De forma geral, na fase juvenil, as plantas possuem crescimento inicial lento, mas crescente, depois passam por um período de crescimento mais acelerado e crescimento lento no período de maturação (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). Esse maior crescimento inicial poderia ser então consequência do período de desenvolvimento da espécie. Longhi-Santos (2013) registrou na mesma área de estudo, que o incremento do branquilha diminui a partir do final da década de 60. 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 à 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 (Figura 3). Nas árvores, a contaminação ambiental pode alterar as taxas de crescimento anual (MEDEIROS et al., 2008), 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, fator mencionado também em outros trabalhos (e.g: LOOMANS, 1993; MARTENS, 1993; SPATHELF et al., 2000; DÜNISCH; MONTÓIA; BAUCH, 2003; CARDOSO et al., 2012; SKOLAUT, 2012; ANDERSSON; SJÖGREN, 2014).

Observou-se uma leve diminuição do incremento diamétrico de *Sebastiania commersoniana* ao longo dos anos (Figura 3). No entanto, *Hovenia dulcis* (Figura 4) demonstrou uma tendência de aumento no crescimento ao longo dos anos. Isso pode estar ocorrendo pelo fato de os indivíduos das diferentes



espécies estarem em fases distintas de crescimento, com idades diferentes (Tabela 1), que traz esse padrão diferenciado. Como já salientado, na fase juvenil, as plantas possuem crescimento inicial lento, mas crescente, depois passam por um período de crescimento mais acelerado e constante, e novamente crescimento lento no período de maturação (BATISTA; COUTO; SILVA FILHO, 2014; SCHNEIDER; SCHNEIDER, 2008). De qualquer forma, a uva-do-Japão não apresentou diminuição no crescimento devido ao derramamento do petróleo ou pelas diferentes consequências deste impacto ambiental. Assim, pode-se considerar que a espécie pode ser mais resistente ao impacto pelo seu caráter pioneiro-invasor agressivo.

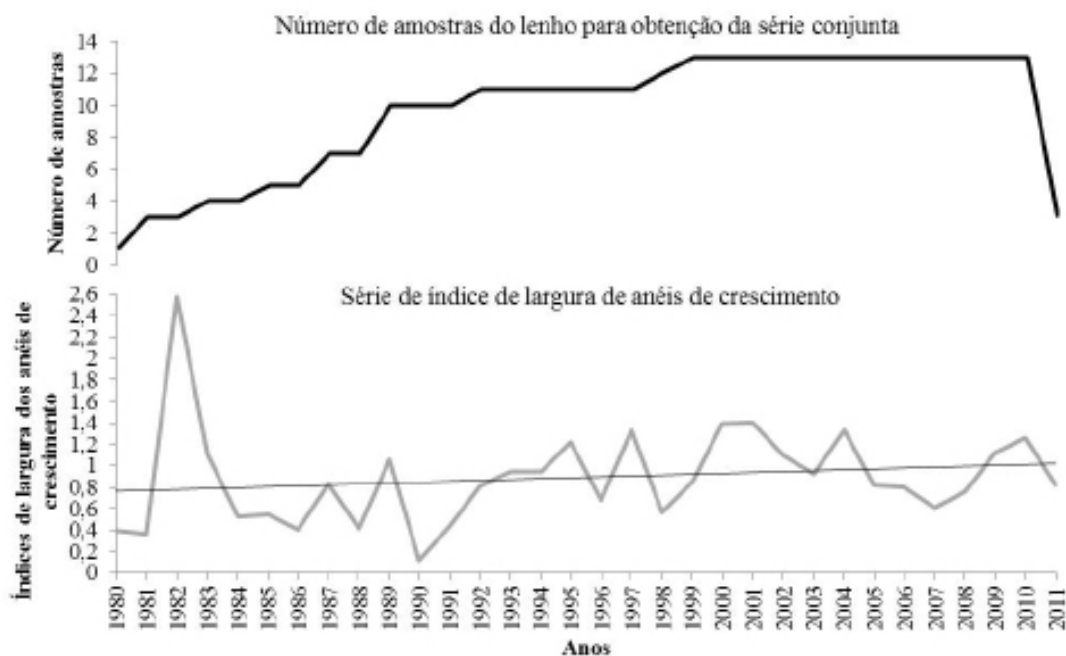


FIGURA 4: Séries de índices de largura de anéis de crescimento do lenho de *Hovenia dulcis*.  
 FIGURE 4: Width of growth rings index series of the *Hovenia dulcis* wood.

Esse fato representa um fator preocupante, pois esse maior crescimento da espécie exótica pode estar interferindo na diminuição do incremento de *Sebastiania commersoniana*. Em busca de uma informação mais pontual, avaliaram-se, de maneira isolada, as séries cronológicas de um indivíduo de branquilha (número 308) e um indivíduo da uva-do-Japão (número 290), distantes cinco metros (Figura 5). 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).

Observou-se uma tendência de 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 que, conforme a análise dendrocronológica realizada, foi no ano de 1981 (Figura 5). Segundo o teste de Scott-Knott, houve diferença significativa a uma probabilidade de 0,05 entre o incremento do indivíduo 308 da espécie *Sebastiania commersoniana* no período anterior ao estabelecimento do indivíduo da espécie *Hovenia dulcis* quando comparado com o período em que o indivíduo da espécie exótica se estabeleceu na área.

Wandscheer et al. (2011) relatam que *Hovenia 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,

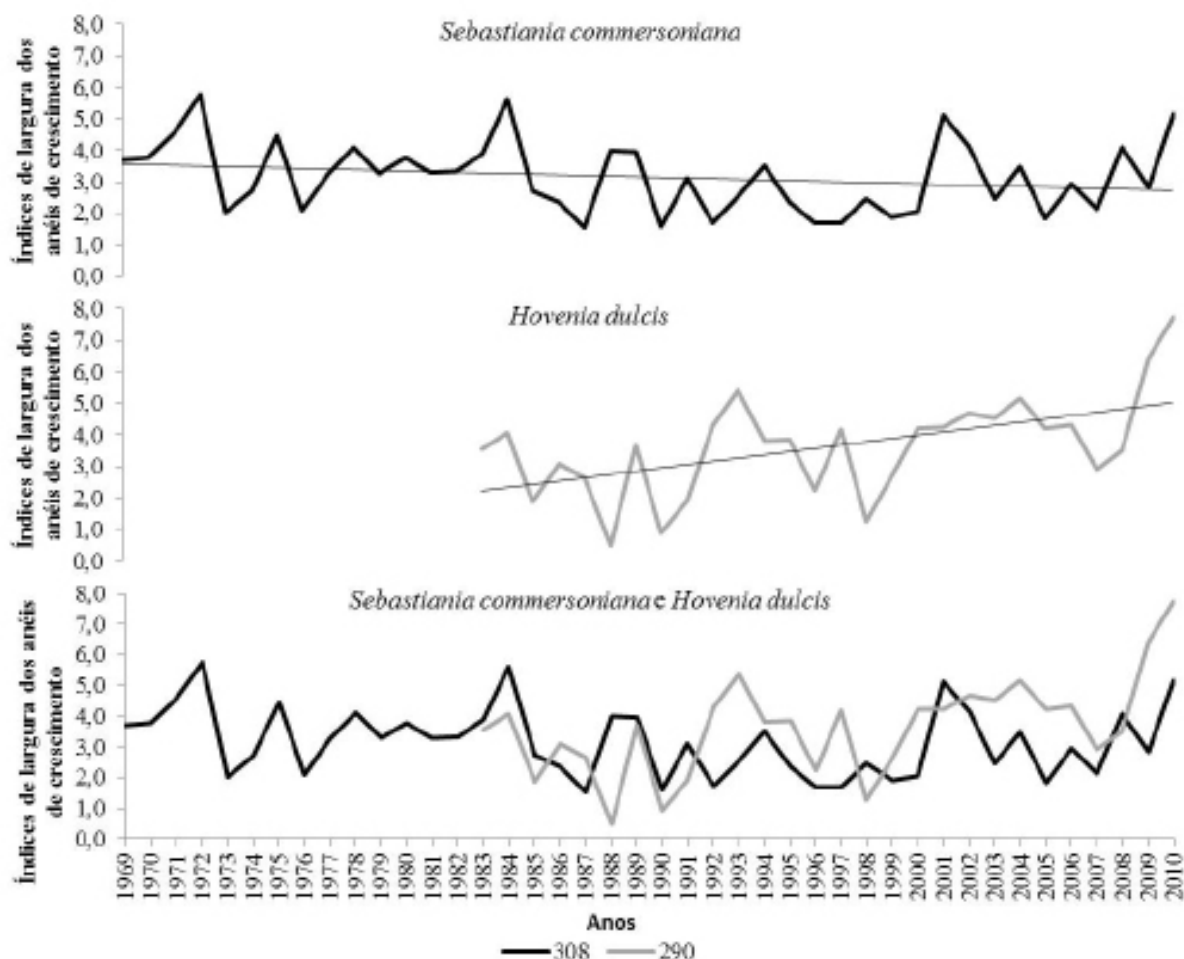


FIGURA 5: Séries de largura de anéis de crescimento dos indivíduos 308 (*Sebastiania commersoniana*) e 290 (*Hovenia dulcis*).

FIGURE 5: Width of growth rings index series of the individuals 308 (*Sebastiania commersoniana*) and 290 (*Hovenia dulcis*).

como também pode ser apenas consequência das fases distintas de crescimento. Dessa forma, estudos futuros para monitoramento e avaliação dessas relações devem ser realizados visando buscar informações mais conclusivas.

### Correlação com variáveis climáticas

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *Sebastiania commersoniana* na condição SHT foi significativamente negativa com as temperaturas mínimas e médias nos meses de outubro, novembro e abril no período de crescimento (Figura 6).

As temperaturas mínimas apresentam correlação negativa significativa com os indivíduos de *Sebastiania commersoniana* na condição SHT nos meses de outubro, novembro, março e abril, no ano correspondente ao ano de crescimento (Figura 6), mostrando que no período de crescimento, temperaturas mínimas não são favoráveis. Já as temperaturas máximas apresentam correlação negativa significativa com o crescimento no mês de outubro, mostrando que temperaturas muito altas no início do período de crescimento não são favoráveis ao incremento da espécie. Em um estudo com diferentes espécies florestais no Panamá e Malásia, Lewis et al. (2004) verificaram que aumentos nas taxas de temperatura e consequente respiração podem levar a um decréscimo no crescimento das espécies.

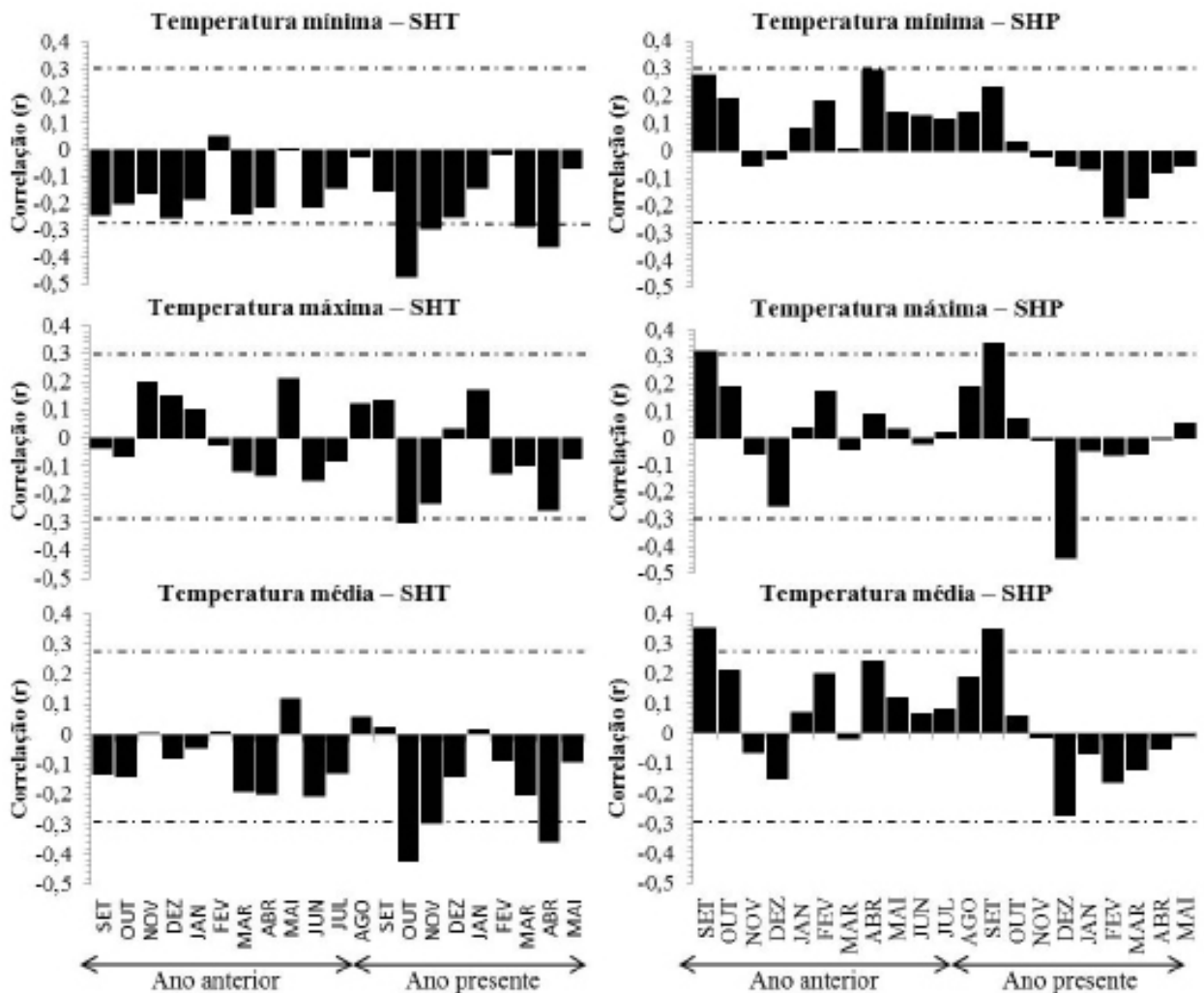


FIGURA 6: Correlações das séries de índice de largura de anéis de crescimento do lenho das árvores de *Sebastiania commersoniana* das condições SHT e SHP com a temperatura. Linha tracejada corresponde ao valor de significância (0,285).

FIGURE 6: Correlations of width of growth rings index series of the trees wood of *Sebastiania commersoniana* by conditions SHT and SHP with temperature. Dashed line corresponds to the value of significance (0,285).

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *Sebastiania commersoniana* da condição SHP com a temperatura mostrou correlação diferente da obtida para a condição SHT. Houve correlação positiva significativa com a temperatura mínima no mês de abril do período prévio ao crescimento (Figura 6). As temperaturas máximas apresentam correlação positiva significativa com o crescimento no mês de setembro, tanto do ano anterior quanto do corrente (Figura 6). A temperatura mais alta no mês de setembro favorece e impulsiona a retomada do crescimento, que ocorre normalmente no mês de outubro (KANIESKI et al., 2012). No mês de dezembro do período corrente, a correlação negativa foi significativa, o que mostrou que temperaturas muito altas não são favoráveis ao incremento da espécie.

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *Sebastiania commersoniana* da condição SHT com a precipitação (Figura 7) mostra correlação positiva significativa no 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 esteve relacionada com as chuvas no final do inverno, pois estas são importantes como impulsionadoras para a espécie retomar o crescimento. A precipitação é um dos principais responsáveis pelo crescimento das árvores (e.g.: BOTOSSO; VETTER, 1991; BOTOSSO; VETTER;

TOMAZELLO-FILHO, 2000; SPHATELF et al., 2000; DÜNISCH; BAUCH; GASPAROTTO, 2002; MARIA, 2002; NUTTO; WATZLAWICK, 2002; DÜNISCH; MONTÓIA; BAUCH, 2003; FERREIRA-FEDELE et al., 2004; MUNARETO, 2007; LISI et al., 2008; CARDOSO et al., 2012) e, nesse caso, sendo janeiro um dos meses do ano com maiores taxas de precipitação, essa é fundamental para o crescimento de *Sebastiania commersoniana*.

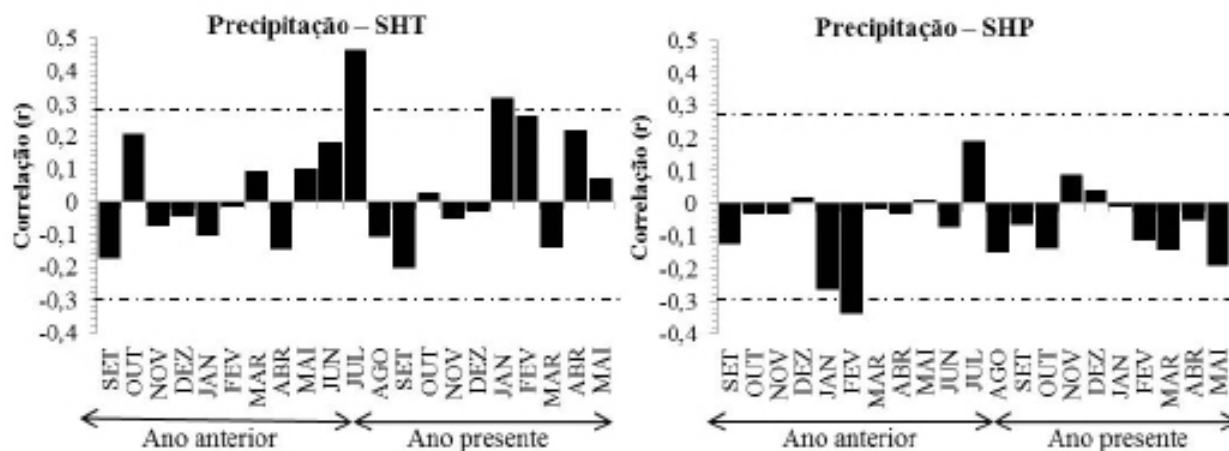


FIGURA 7: Correlações das séries de índice de largura de anéis de crescimento do lenho das árvores de *Sebastiania commersoniana* nas condições SHT e SHP com a precipitação. Linha tracejada corresponde ao valor de significância (0,285).

FIGURE 7: Correlations of width of growth rings index series of the trees wood of *Sebastiania commersoniana* by conditions SHT and SHP with precipitation. Dashed line corresponds to the value of significance (0,285).

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *Sebastiania commersoniana* na condição SHP com a precipitação não apresentou correlação positiva significativa em nenhum mês. No entanto, o mês de fevereiro do ano anterior ao crescimento apresentou correlação negativa significativa, o que se deve à condição em que foi afetada pela tentativa de descontaminação do petróleo, que fez com que a área se mantivesse alagada, fazendo com que o *deficit* de precipitação não fosse fator limitante ao crescimento (Figura 7). 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 variou segundo a saturação hídrica do solo. O incremento de *Citharexylum myrianthum* foi quatro vezes maior no Cambissolo (com maior drenagem) do que no Gleissolo (com saturação hídrica).

A correlação da série do índice de largura de crescimento dos indivíduos de *Hovenia dulcis* não foi significativa com a temperatura, entretanto, foi significativamente positiva com a precipitação nos meses de outubro, novembro e janeiro do ano correspondente ao ano de crescimento, período em que normalmente ocorre grande precipitação (INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA, 2012) (Figura 1) e correlação negativa significativa nos meses de fevereiro e março também do ano corrente (Figura 8).

Esses meses de correlação positiva significativa são aqueles em que a espécie melhor cresce (KANIESKI et al., 2012), isso indica que a precipitação foi um importante condicionante para o desenvolvimento da planta. 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.

Ao avaliar a correlação do incremento diamétrico de *Hovenia dulcis* com as variáveis climáticas no interior do estado de São Paulo, em solos contaminados por mercúrio, Chagas (2009) encontrou correlação

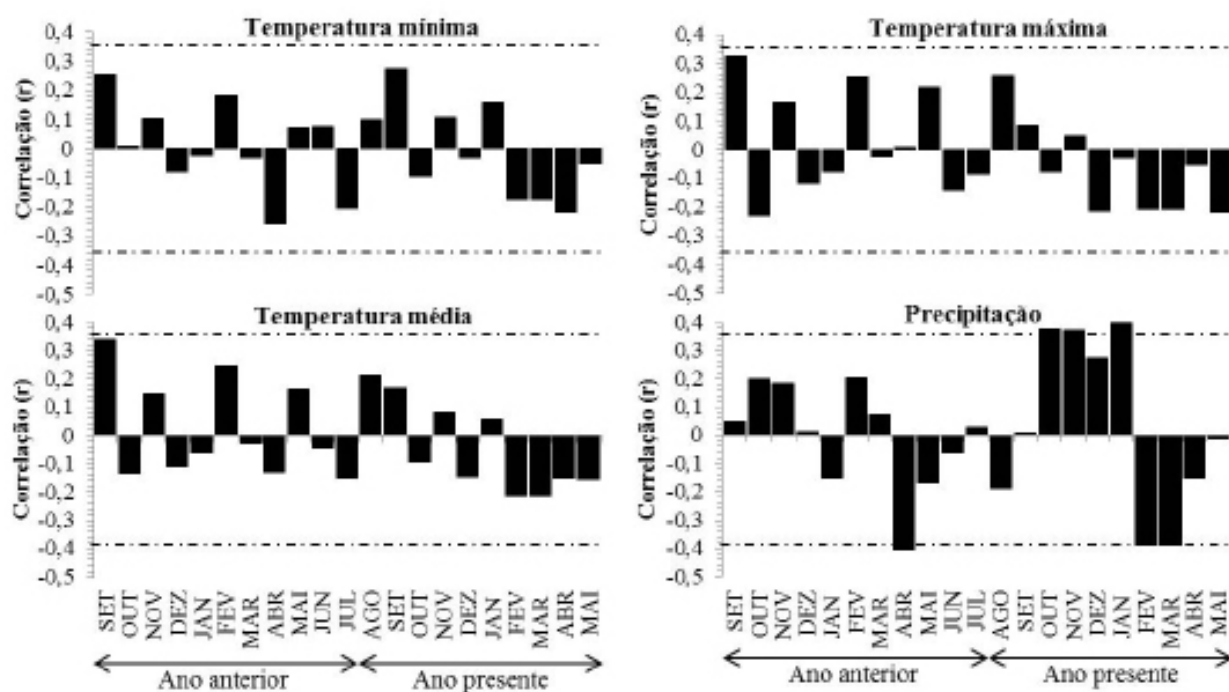


FIGURA 8: Correlações das séries de índice de largura de anéis de crescimento do lenho das árvores de *Hovenia dulcis* com a temperatura e precipitação. Linha tracejada corresponde ao valor de significância (0,355).

FIGURE 8: Correlations of width of growth rings index series of the trees wood of *Hovenia dulcis* by conditions 1 and 2 with temperature and precipitation. Dashed line corresponds to the value of significance (0,355).

negativa para a temperatura média nos meses de março e agosto, e, por estarem as árvores a apenas três metros de um curso d'água, não foram encontradas correlações significativas com a precipitação na área contaminada. Já na área-testemunha, sem contaminação, foram obtidas correlações significativas positivas pela maior disponibilidade hídrica (janeiro e junho) e negativas provavelmente pela saturação do solo (março e agosto).

## CONCLUSÕES

- *Sebastiania commersoniana* apresentou padrões semelhantes de crescimento, em ambientes com saturação hídrica temporária e permanente, com tendência a diminuir o incremento ao longo dos anos, sendo que as árvores na condição de saturação hídrica permanente tiveram taxas de incremento menores após o ano de 2000, demonstrando que a construção de diques como tentativa de retirada do óleo, afetou o desenvolvimento dos indivíduos da espécie;

- A temperatura mínima representou fator limitante para o crescimento de *Sebastiania commersoniana*, enquanto temperaturas máximas favorecem o crescimento da espécie, porém, a ocorrência de temperaturas muito altas nos meses mais quentes pode ser prejudicial ao crescimento da espécie;

- A precipitação se correlacionou com o crescimento das espécies positivamente apenas na condição de saturação hídrica temporária do solo;

- *Hovenia dulcis*, a espécie exótica, pioneira e invasora, apresentou aumento de incremento ao longo dos anos em ambientes de saturação hídrica temporária do solo, o que se torna um fator preocupante para a conservação das espécies nativas da área;

- *Hovenia dulcis* não apresentou correlação significativa com a temperatura, contudo, 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

- ANDERSSON, I.; SJÖGREN, S. **Dendrochronological Analysis of Flooding Signals**. Gothenburg: University of Gothenburg, 2014. 21 p.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- BARDDAL, M. L. et al. 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, 2004.
- BATISTA, J. L. F.; COUTO, H. T. Z.; SILVA FILHO, D. F. **Quantificação de recursos florestais: árvores, arvoredos e florestas**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2014. 384 p.
- 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), jacaréúba (*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, 2000. p. 357-380.
- CARDOSO, F. C. G. et al. 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**. 2009. 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 set. 2013.
- CURCIO, G. R. **Relações entre geologia, geomorfologia, pedologia e fitossociologia das planícies fluviais do rio Iguazu, Paraná, Brasil**. 2006. 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-FEDELE, L. et al. 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. et al. Seasonal diameter increment for 7 species from an Ombrophylous Mixed Forest, Southern state of Paraná, Brazil. **Floresta**, Curitiba, v. 38, p. 527-543, 2008.
- FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976. 567 p.
- 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.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Brasil). **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. [2012]. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

KANIESKI, M. R. et al. 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. et al. 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.

LEWIS, S. L. et al. Concerted changes in tropical forest structure and dynamics: evidence from 50 South American long-term plots. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, London, v. 359, p. 421-436, 2004.

LISI, C. S. et al. 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**. 2013. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

LOOMANS, S. A. **Flood Reconstruction in Southern Illinois Using Tree Rings**. Illinois: Midwestern Climate Center, 1993. 87 p.

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 f. 2002. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MARTENS, D. M. Hydrologic inferences from tree-ring studies on the Hawkesbury River, Sydney, Australia. **Geomorphology**, Amsterdam, v. 8, p. 147-164, 1993.

MEDEIROS, J. G. S. et al. Tree-ring characterization of *Araucaria columnaris* Hook and its applicability as a lead indicator in environmental monitoring. **Dendrochronologia**, Verona, v. 26, p. 165-171, 2008.

MUNARETO, F. F. **Dendroclimatologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico**. 2007. 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, 1998. p. 29-46.

SCHNEIDER, P. R.; SCHNEIDER, P. S. P. **Introdução ao manejo florestal**. Santa Maria: FACOS; UFSM, 2008. 566 p.

SKOLAUT, K. M. **The use of tree rings to study the impacts of stream flow and climate variability on native and invasive woody species along a semi-arid riparian ecosystem in the great plains, USA**. Lincoln: University of Nebraska, 2012. 112 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. et al. 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.

SPEER, J. H. **Fundamentals of Tree Ring Research**. Tucson: The University of Arizona Press, 2012. 368 p.

WANDSCHEER, A. C. D. et al. Atividade alelopática de folhas e pseudofrutos de *Hovenia dulcis* Thunb. (Rhamnaceae) sobre a germinação de *Lactuca sativa* L. (Asteraceae). **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 25, n. 1, p. 25-30, 2011.