

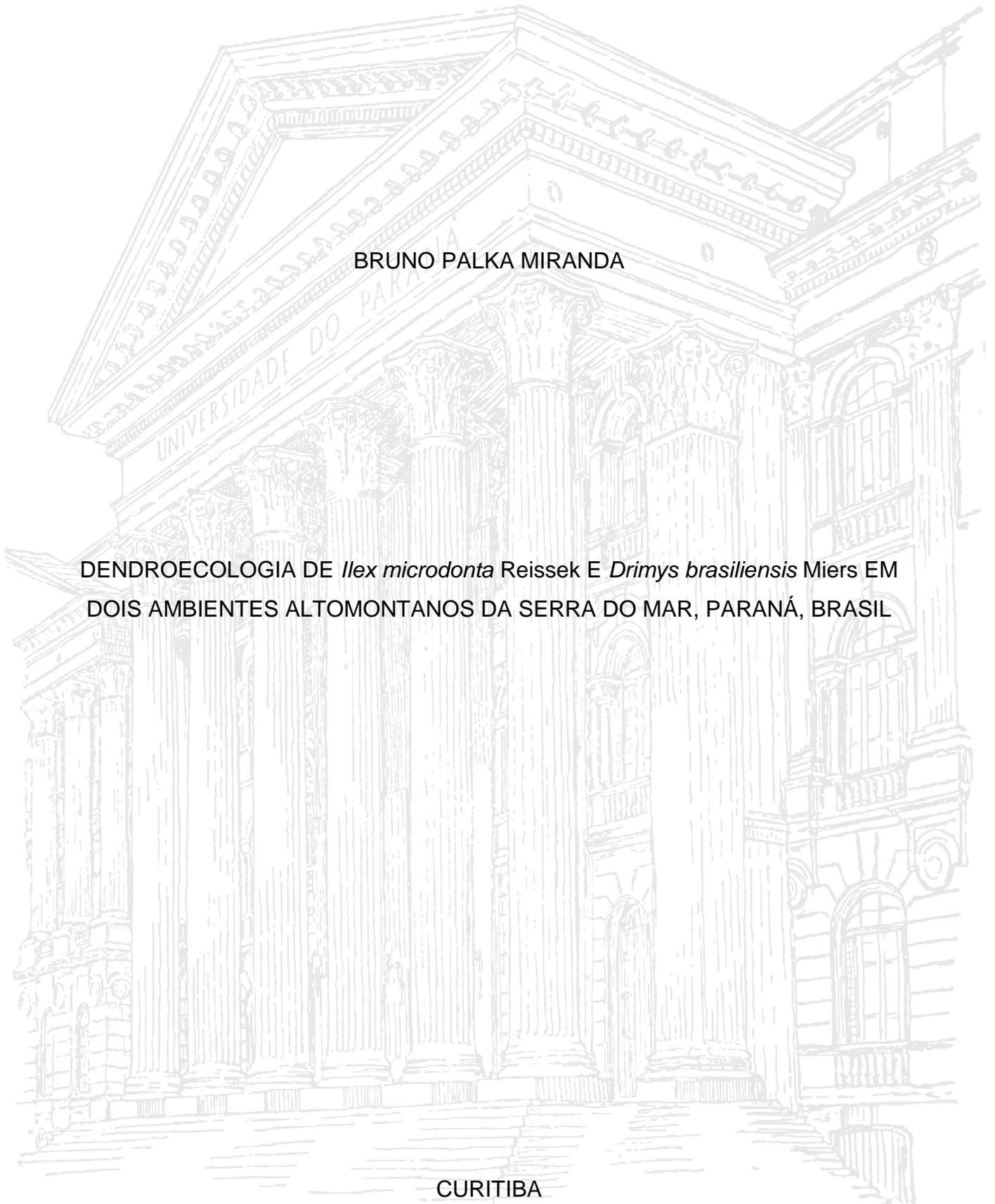
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNO PALKA MIRANDA

DENDROECOLOGIA DE *Ilex microdonta* Reissek E *Drimys brasiliensis* Miers EM
DOIS AMBIENTES ALTOMONTANOS DA SERRA DO MAR, PARANÁ, BRASIL

CURITIBA

2015



BRUNO PALKA MIRANDA

DENDROECOLOGIA DE *Ilex microdonta* Reissek E *Drimys brasiliensis* Miers EM
DOIS AMBIENTES ALTOMONTANOS DA SERRA DO MAR, PARANÁ, BRASIL

Dissertação 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 Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan

Coorientador: Dr. Paulo Cesar Botosso

CURITIBA

2015

Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Miranda, Bruno Palka

Dendroecologia de *Ilex microdonta* Reissek e *Drimys brasiliensis* Miers em dois ambientes altomontanos da Serra do Mar, Paraná, Brasil / Bruno Palka Miranda.
– 2015

94 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Vellozo Roderjan

Coorientador: Dr. Paulo Cesar Botosso

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 26/02/2015.

Área de concentração: Conservação da Natureza



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. 1089

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) mestrando(a) *Bruno Palka Miranda* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**DENDROECOLOGIA DE *Ilex microdonta* Reissek E *Drimys brasiliensis* Miers EM DOIS AMBIENTES ALTOMONTANOS DA SERRA DO MAR, PARANÁ, BRASIL**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em CONSERVAÇÃO DA NATUREZA.

Dr. Maria Raquel Kahieski
Universidade do Estado de Santa Catarina
Primeiro examinador

Dr. Christopher Thomas Blum
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador

Dr. Carlos Vellozo Boderjan
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 26 de fevereiro de 2015.

Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

Av. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - CAMPUS III - CEP 80210-170 - Curitiba - Paraná
Tel: (41) 360-4212 - Fax: (41) 360-4211 - <http://www.floresta.ufpr.br/pos-graduacao>



*Às florestas altomontanas,
pela complexidade
e simplicidade de magnificar
a paisagem das montanhas do Paraná,
desde os tempos de criança,
nas primeiras caminhadas pela Graciosa,
e ataques ao Caratuva,*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por proporcionar luz e vida.

Aos meus pais Mauricio e Ana Luzia, que por diversas vezes me puxaram a orelha, sempre incentivando a buscar o meu melhor possível. A minha irmã Gabriela por estar presente em todos os momentos, me auxiliando nas horas que eu menos esperava! A toda a minha família, brasileira e chilena! Amo vocês! Los amo a todos! Viva Chile mierda!

Ao Gabo, meu companheiro canino, sua presença torna os meus dias melhores.

Ao meu amigo e orientador, Professor Dr. Carlos Vellozo Roderjan, que depositou sua confiança em mim, e muito me inspirou a ser um profissional com ética e caráter, nunca esquecendo dos bons e velhos momentos de risadas e descontração, desde os tempos de graduação!

Ao amigo e coorientador, Dr. Paulo Cesar Botosso, que desde sempre procurou me auxiliar e sanar as dúvidas dendrocronológicas, mostrando apoio e dedicação em todos os momentos dessa pesquisa!

Aos professores Dr. Franklin Galvão, pessoa de caráter inestimável, pelas sempre interessantes e desafiadoras conversas e questionamentos sobre as florestas, o mundo, e porque não, o futebol; Dr^a. Yoshiko Saito Kuniyoshi, por ser a “mãe” de todos os colegas de laboratório, mostrando sua alegria e energia a cada dia que passa; Dr. Christopher Thomas Blum, que sempre proporcionou ótimas discussões e conversas, e uma convivência descontraída e harmoniosa com o Laboratório de Dendrologia.

Aos pesquisadores Mario Tomazello Filho e Fidel Roig, pelos ensinamentos de dendrocronologia no curso em Piracicaba/SP, na ESALQ.

Ao amigo e Engenheiro Florestal M.Sc. Tomaz Longhi Santos, pela amizade e convivência diária e pronto auxílio às dúvidas de dendrocronologia, ao qual serei eternamente grato pelo apoio!

A amiga e Engenharia Florestal M.Sc. Jaçanan Eloisa de Freitas Milani, pelos ótimos períodos como parte da “Equipe Fenologia”, pelas valiosas dicas de vida e valorosas contribuições técnicas para o meu aperfeiçoamento profissional.

Ao Engenheiro Florestal M.Sc. Santiago Velazco, pelo valioso apoio com as análises estatísticas.

Aos vários amigos da pós-graduação, sem os quais esses anos não seriam os mesmos. Tiago Katu Pereira, Natalia Bedrij, Manoela Duarte, Nina Martins e Alessandro Panasolo, e todos os outros, pela ótima convivência diária.

Ao Eng. Florestal M. Sc. Victor Hugo Andrade, pela parceria e apoio mútuo nas fases finais da pesquisa, em campo e em laboratório, sempre disposto a ajudar e aprender mais sobre a dendrocronologia, seja no Sul ou no Norte do Brasil!

Ao Eng. Florestal Igor Takashina, pela amizade e parceria nos tempos de graduação, e agora pós-graduação, e pronto auxílio na edição das imagens deste, e de muitos outros trabalhos.

A família Sionek, por ser a segunda família, em todos os sentidos! Edson Sionek, Tia Carmen (*in memoriam*), Dona Olga, Dona Nilda, e em especial a Luiza Sionek, pela inestimável amizade e carinho ao longo dos anos, e ultimamente, as inúmeras discussões entre a psicologia e a natureza! Ao amigo e irmão Guilherme Sionek, pelo auxílio com a tradução do *abstract*, e amizade e parceria desde os tempos de criança, e também pelas várias loucuras nas coletas das amostras, sempre tornando as minhas discussões sobre a natureza irônicas! Bro5!

Aos amigos das aventuras de campo Gustavo Moraes, Guilherme Ruthes e Marcos Paulo Almeida, pela amizade e disposição em ajudar um irmão escoteiro!

Aos amigos e irmãos escoteiros do Grupo Escoteiro São Judas Tadeu 17PR, sem os quais eu jamais teria chegado aonde cheguei! Em especial: William Iwersen, Hellen Muniz, Isabela Andreazza, Victoria Martins, Gabriel Batata, Larissa Terra, Paulo Dieter, Marco Santana, Krigne Keller, Aline Lara, e todos os meus 32 jovens escoteiros, que semanalmente me fazem acreditar que podemos sempre deixar o mundo um lugar melhor!

Ao Instituto Ambiental do Paraná, pela autorização de pesquisa nas Unidades de Conservação estudadas.

Ao SIMEPAR e ao IAPAR, pela concessão dos dados meteorológicos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, pela oportunidade da realização do mestrado.

A CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

De uma maneira ou de outra, a todos que fizeram parte desse momento de minha vida, e que sempre acreditaram em mim, e que tudo isso seria possível, meu sincero muito obrigado!

*Se tiver o hábito de fazer as coisas com alegria,
raramente encontrará situações difíceis.*

BP

RESUMO

O avançado estado de degradação dos ecossistemas florestais está diminuindo consideravelmente as áreas contínuas de florestas preservadas. Ambientes que remanescem íntegros são, portanto, raros. No estado do Paraná esses ambientes podem ser encontrados nas florestas de altitude da Serra do Mar. Muito já se conhece a respeito da sua florística e fitossociologia, mas pouco se entende sobre a dinâmica de crescimento dessas florestas, a exemplo de sua estrutura etária. Assim, a dendrocronologia surge como uma ferramenta para responder tais questionamentos, através da reconstrução da trajetória de vida de uma árvore. Este trabalho teve como objetivo analisar o potencial dendrocronológico de *Ilex microdonta* Reissek e *Drimys brasiliensis* Miers, duas espécies representativas dos ambientes altomontanos, descrever macroscopicamente seus anéis de crescimento e verificar a influência da altitude na expressão do desenvolvimento das árvores. Foram coletadas amostras radiais pelo método não destrutivo (Trado de Pressler) de 40 árvores, e características ambientais do local onde a árvore estava inserida, como declividade e altitude, por exemplo, em duas montanhas da Serra do Mar do Paraná: Pico Caratua e Morro Anhangava, nos municípios de Campina Grande do Sul e Quatro Barras, respectivamente. As amostras foram processadas em laboratório e tiveram suas superfícies polidas com lixas de diferentes granulometrias. Foram tomadas fotografias das amostras, com uso de lupa estereoscópica acoplada a um conjunto ótico, e leituras digitais da largura dos anéis de crescimento. Estas foram analisadas pelo *software* COFECHA, que permite processar intercorrelações entre as séries temporais e, posteriormente, foram geradas as cronologias para as duas espécies, pelo *software* ARSTAN. As relações entre o crescimento, dados climáticos e as variáveis ambientais foram realizadas por meio de análise de coordenadas principais (PCoA) e análise de correlação simples. Os anéis de crescimento de *I. microdonta* são caracterizados pela presença de porosidade difusa, com agregação de poros múltiplos, radiais. A delimitação dos anéis é marcada pelo achatamento das fibras e também pela expansão tangencial dos raios. Os indivíduos amostrados tiveram idades que variaram de 79 a 153 anos nos dois sítios de coleta, com uma série de 1861 a 2013. Em *D. brasiliensis* os anéis são caracterizados pela presença de traqueídes axiais formando lenho inicial e tardio, geralmente com desarranjo estrutural, pelas frequentes injúrias cambiais. A delimitação dos anéis é essencialmente pelo achatamento das fibras e espessamento da parede. As árvores apresentaram idades de 29 a 134 anos, com a cronologia gerada numa série de 1884 a 2013. A altitude afetou significativamente o crescimento das espécies, para os indivíduos localizados nas maiores elevações. De maneira geral, as temperaturas máximas e mínimas têm efeito maior sobre o crescimento, visto que estas são potencializadas em altitude. Dessa maneira, ambas as espécies possuem potencial para estudos dendrocronológicos, visto suas características anatômicas de marcação dos anéis de crescimento, e relações com a dinâmica dos ecossistemas altomontanos. Os resultados gerados são inéditos no que diz respeito às idades das florestas altomontanas no estado do Paraná e reforçam a utilização da dendrocronologia em regiões tropicais e subtropicais, para avaliar e identificar padrões de crescimento em comum com as variações climáticas experimentadas por esses ambientes.

Palavras chave: anéis de crescimento; altitude; dendrocronologia.

ABSTRACT

The advanced state of degradation of forest ecosystems is significantly reducing the continuous areas of preserved forests. Environments that remain intact are therefore rare. In the Paraná state, these environments can be found in the upper montane cloud forests of Serra do Mar. Much is already known about its floristic and phytosociological, but little is understood about the growth dynamics of these forests, like its age structure. Thus dendrochronology appears as a tool to answer such questions through reconstruction of the life story of a tree. This study aimed to analyze the dendrochronological potential of *Ilex microdonta* Reissek and *Drimys brasiliensis* Miers, two representative species of upper montane environments, to describe macroscopically the growth rings and to verify the influence of altitude on the expression of the tree's development. Radial samples were collected by non-destructive method (Increment Borer) from 40 trees, and environmental features of the place where the tree was inserted, such as slope and altitude, for example, at two different locations: Pico Caratuva and Morro Anhangava, in Campina Grande do Sul and Quatro Barras cities, respectively. The samples were processed in laboratory and had their surfaces polished with sandpaper in different grit sizes. Photos of the samples were taken with the use of a stereoscopic microscope coupled to an optical assembly and digital readings of the width of the growth rings. These were analyzed using the COFECHA software, which allows you to process intercorrelations between the time series, and subsequently had their chronologies generated for both species by ARSTAN software. The relations between growth, climatic data and environmental variables were performed by principal coordinates analysis (PCoA) and simple correlation analysis. The growth rings of *I. microdonta* are characterized by the presence of diffuse porosity, with aggregation of multiple radial pores. The delimitation of the rings is marked by the flattening of the fibers, and also by the tangential expansion of the rays. The samples showed ages ranging between 79-153 years in the two sites of collection, and thereby had their timelines generated in a serie from 1861 to 2013. For *D. brasiliensis*, the rings are characterized by the presence of tracheids forming earlywood and latewood, usually with structural breakdown by frequent cambium injuries. The delimitation of the rings is essentially marked by the flattening of the fibers and wall thickening. The trees showed ages between 29-134 years, with chronology generated in a serie from 1884 to 2013. The altitude significantly affected the growth of the species, for the specimen located in the higher elevations. In general, the maximum and minimum temperatures have a greater effect on growth, as these are enhanced by altitude. Thus, both species have potential for dendrochronological studies, as its anatomical marking the growth rings, and relations with the dynamics of upper montane ecosystems. The results generated are unprecedented, as regards the ages of upper montane cloud forests in the state of Paraná, and reinforce the use of dendrochronology in tropical and subtropical regions, to evaluate and identify growth patterns in common with climate changes experienced by these environments.

Keywords: growth rings; altitude; dendrochronology

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. (A) Indivíduo de *Ilex microdonta* no Pico Caratuva, bastante inclinado em função da declividade da área de estudo; (B) Detalhe das folhas, com o terço superior micro dentado, característico da espécie.29
- FIGURA 2. (A) Detalhe da coleta de amostras de madeira em indivíduo de *Drimys brasiliensis*, com o ritidoma recoberto por espécies avasculares; (B) Floração de *Drimys* em zona de transição altomontana-montana, e face foliar abaxial discolor.30
- FIGURA 3. Localização das duas áreas de estudo, mostrando a vista aérea e lateral do Morro Anhangava (1) e Pico Caratuva (2), respectivamente. As setas vermelhas indicam o local aproximado da coleta das amostras.....33
- FIGURA 4. Antes – à esquerda – (2004) e depois – à direita – do incêndio na face noroeste do Pico Caratuva em 2014. A alteração da cobertura vegetal - de uma matriz arbórea para uma herbácea -, é notável, mostrando a baixa resiliência destes ambientes.34
- FIGURA 5. Presença de nuvens em altitude em áreas de florestas altomontanas é fator constante, e caracteriza o microclima regional. Na imagem, elevações da Serra do Ibitiraquire, Paraná.35
- FIGURA 6. Distribuição dos solos na paisagem dos terços superior e médio da vertente sul do Morro Anhangava. Adaptado de Roderjan (1994).37
- FIGURA 7. Aspecto da drenagem estrutural da Serra do Mar, com vales encaixados em falhas geológicas, em “V”. Ao fundo, a planície litorânea e a baía de Antonina (alto, à esquerda).38
- FIGURA 8. (A) Aspecto do dossel de Floresta Ombrófila Densa Altomontana; (B) O seu interior, mostrando as condições de declividade das áreas de estudo.....39
- FIGURA 9. Protocolos de campo e de laboratório, para diferentes fases da coleta das amostras e preparo das amostras. (A): coleta da amostra de madeira em indivíduo de *I. microdonta*, no sítio Anhangava; (B): extração da amostra com uso do trado de Pressler; (C): acondicionamento em tubo plástico, com identificação; (D): colagem e preparação das amostras para polimento; (E): lixas de diferentes granulometrias; (F): demarcação dos anéis em lupa estereoscópica Leica S8APO.....43
- FIGURA 10. Correlação entre os dados da estação meteorológica de Pinhais, e a correção realizada em função da altitude.46
- FIGURA 11. Delimitação dos anéis de crescimento de *Ilex microdonta* evidenciada pela dilatação tangencial dos raios mais largos associada ao maior espessamento das paredes das fibras (setas).48
- FIGURA 12. Características anatômicas dos anéis de crescimento de *Ilex microdonta*, incluindo algumas consideradas “atípicas”. (A): série de anéis distintos, e alinhamento tangencial dos poros no limite do anel; (B): série de anéis estreitos; (C): anéis descontínuos; (D): anéis inconspícuos – pós traumático; (E): flutuação de densidade intra-anel; (F): anéis em cunha (setas).50

FIGURA 13. Características anatômicas dos anéis de crescimento de <i>Drimys brasiliensis</i> , incluindo algumas consideradas “atípicas”. (A): série de anéis distintos; (B): série de anéis estreitos; (C): flutuação de densidade; (D): anel em cunha; (E): anéis convexos em relação ao plano transversal; (F): desarranjo estrutural no anel entre lenho inicial e tardio (setas).	52
FIGURA 14. Gráfico “boxplot” das idades dos indivíduos amostrados de <i>Ilex microdonta</i> , indicando a variabilidade estatística da variável por sítio.	56
FIGURA 15. Gráfico “boxplot” das idades dos indivíduos amostrados de <i>Drimys brasiliensis</i> , indicando a variabilidade estatística da variável por sítio.	60
FIGURA 16. Séries temporais radiais avaliadas de <i>Ilex microdonta</i> , no sítio Caratuva e no sítio Anhangava. A série em preto representa a largura média dos anéis de crescimento.	63
FIGURA 17. Índices de crescimento de <i>Ilex microdonta</i> gerados pelo software COFECHA acima, e cronologia estabelecida abaixo pelo software Arstan, abaixo, para o sítio Caratuva, e para o sítio Anhangava.	64
FIGURA 18. Número de séries radiais de <i>I. microdonta</i> utilizadas para a construção das cronologias, para o sítio Caratuva e para o sítio Anhangava.	64
FIGURA 19. Séries temporais radiais avaliadas de <i>Drimys brasiliensis</i> , no sítio Caratuva e no sítio Anhangava. A série em preto representa a largura média dos anéis de crescimento.	65
FIGURA 20. Índices de crescimento de <i>Drimys brasiliensis</i> gerados pelo software COFECHA acima, e cronologia estabelecida abaixo pelo software Arstan, abaixo, para o sítio Caratuva, e para o sítio Anhangava.	65
FIGURA 21. Número de séries radiais de <i>D. brasiliensis</i> utilizadas para a construção das cronologias, para o sítio Caratuva e para o sítio Anhangava.	66
FIGURA 22. Diagrama da análise de coordenadas principais, mostrando a relação do crescimento das duas espécies com a altitude (seta em vermelho).....	67
FIGURA 23. Cronologias geradas de ambas as espécies para um trecho de FOD Altomontana, no Pico Caratuva, Campina Grande do Sul, PR.....	69
FIGURA 24. Correlações de Pearson ($p < 0,05$), entre o crescimento de <i>I. microdonta</i> com variáveis climáticas, no Pico Caratuva, A linha vermelha representa o nível de significância estatística a 95% de probabilidade.	72
FIGURA 25. Correlações de Pearson ($p < 0,05$), entre o crescimento de <i>D. brasiliensis</i> com variáveis climáticas, no Pico Caratuva, A linha vermelha representa o nível de significância estatística a 95% de probabilidade.	74
FIGURA 26. Correlações de Pearson ($p < 0,05$), entre o crescimento de <i>I. microdonta</i> com variáveis climáticas, no Morro Anhangava, A linha vermelha representa o nível de significância estatística a 95% de probabilidade....	76
FIGURA 27. Correlações de Pearson ($p < 0,05$), entre o crescimento de <i>D. brasiliensis</i> com variáveis climáticas, no Morro Anhangava, A linha vermelha representa o nível de significância estatística a 95% de probabilidade....	78

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Informações geográficas, topográficas e biométricas dos indivíduos amostrados de <i>Ilex microdonta</i> em ambos os sítios.	54
TABELA 2. Teste de contraste de Tukey, entre as variáveis biométricas e ambientais de <i>I. microdonta</i> , e os sítios, para um valor de significância de 99% ($p < 0,01$).	55
TABELA 3. Informações geográficas e biométricas dos indivíduos amostrados de <i>Drimys brasiliensis</i> em ambos os sítios.	58
TABELA 4. Teste de contraste de Tukey, entre as variáveis biométricas e ambientais de <i>D. brasiliensis</i> , e os sítios, para um valor de significância de 99% ($p < 0,01$).	59
TABELA 5. Resultados da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento do lenho das árvores de <i>Ilex microdonta</i> , nos sítios Anhangava e Caratuva.	61
TABELA 6. Resultados da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento do lenho das árvores de <i>Drimys brasiliensis</i> , nos sítios Anhangava e Caratuva.	62

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO GERAL	19
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3.1	FLORESTA OMBRÓFILA DENSA	20
3.2	FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ALTOMONTANA	22
3.3	ANÉIS DE CRESCIMENTO	24
3.4	DENDROCRONOLOGIA	25
3.5	DENDROCRONOLOGIA DE FLORESTAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS	26
3.6	DENDROCRONOLOGIA EM ALTITUDE	27
3.7	<i>Ilex microdonta</i> Reissek (AQUIFOLIACEAE)	29
3.8	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers (WINTERACEAE)	30
4	MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1	DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO	32
4.1.1.1	Sítio Anhangava	32
4.1.1.2	Sítio Caratuva	33
4.1.2	Clima	34
4.1.3	Geologia e Geomorfologia	36
4.1.4	Solos	36
4.1.5	Hidrografia	38
4.1.6	Vegetação	39
4.2	SELEÇÃO DAS ESPÉCIES	40
4.3	COLETA DAS AMOSTRAS DE MADEIRA E DADOS AMBIENTAIS	41
4.4	PREPARO DAS AMOSTRAS DE MADEIRA	42
4.5	ANÁLISE DOS DADOS	44
4.6	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	45
4.7	DADOS CLIMÁTICOS	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1	DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO	48
5.1.1	<i>Ilex microdonta</i> Reissek (Aquifoliaceae)	48
5.1.2	<i>Drimys brasiliensis</i> Miers (Winteraceae)	51
5.2	BIOMETRIA E ESTRUTURA ETÁRIA	53

5.2.1	<i>Ilex microdonta</i>	53
5.2.2	<i>Drimys brasiliensis</i>	57
5.3	DENDROCRONOLOGIA.....	61
5.4	DADOS CLIMÁTICOS (TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO) vs. CRESCIMENTO	70
5.4.1	Sítio Caratuva	71
5.4.1.1	<i>Ilex microdonta</i>	71
5.4.1.2	<i>Drimys brasiliensis</i>	73
5.4.2	Sítio Anhangava	75
5.4.2.1	<i>Ilex microdonta</i>	75
5.4.2.2	<i>Drimys brasiliensis</i>	77
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

Por toda a história da humanidade, os ambientes naturais sempre sofreram alguma forma de intervenção humana. A contínua fragmentação dos ecossistemas acaba por comprometer as interações ecológicas que se fazem necessárias para a contínua evolução natural. Em função disso, ambientes que ainda permanecem preservados, sem interferência antrópica, ou com elevado grau de conservação, são relativamente raros. No estado do Paraná, esses ambientes ainda podem ser encontrados, por exemplo, nas florestas de altitude da Serra do Mar, que permanecem preservados, grande parte em função do difícil acesso (SCHEER; MOCOCHINSKI, 2009).

Muito embora a degradação dos ambientes altomontanos no Paraná esteja condicionada à sua grande atratividade turística, ela ocorre mais intensamente nas trilhas de acesso, o que favorece a ocorrência de processos erosivos. Assim, as áreas com cobertura florestal contínua nesses ambientes não são muito frequentadas (VASHCHENKO, 2012). Isso permite - com autorização dos órgãos competentes - o desenvolvimento de pesquisas, que não raro subsidiam a elaboração dos planos de manejo das Unidades de Conservação (UC) existentes na região da Serra do Mar paranaense.

A região da Serra do Mar encontra-se no bioma Mata Atlântica, considerado por Myers *et al.* (2000) um *hotspot*, áreas com maiores concentrações de espécies endêmicas, e com maiores pressões em perdas de habitat, nas quais ações conservacionistas e protetivas podem resguardar a riqueza de espécies dessas áreas. Segundo estes, a Floresta Atlântica é uma das principais áreas de *hotspot* na América do Sul. Com uma área original de aproximadamente 1.300.000 km², a Floresta Atlântica retém apenas 7,5% da sua cobertura original, e neste ainda são localizadas 567 espécies endêmicas que, somadas às espécies dos *hotspots* do Caribe, Andes Tropical e América Central, alcançam 2% de todas as espécies em âmbito global.

Nesse contexto, a busca pela conservação da natureza para assegurar a vida silvestre segue dois objetivos principais: a representatividade biológica para que as

áreas possam assegurar proteção da amostra e condições para persistência das populações em longo prazo (FIGUEIREDO *et al.*, 2006¹ *apud* SAVI, 2008).

A criação de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no Brasil se deu muito antes da criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), conforme a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000). A primeira unidade de conservação criada foi o Parque Nacional do Itatiaia, em 1937 (ICMBio, 2014), e, desde então, vem crescendo o esforço em resguardar ambientes minimamente conservados no país.

Em face disso, 198 especialistas brasileiros reuniram-se em 2001 para o trabalho de Avaliação e Ações Prioritárias para a Mata Atlântica, visando avaliar o Bioma Mata Atlântica no país, classificando a Serra do Mar como sendo de “Extrema Importância Biológica” (SAVI, 2008). No Paraná, a região entre o Parque Nacional do Superagüi e o Parque Estadual Pico do Marumbi foi definida como prioritária para criação de novas unidades de conservação de Proteção Integral (MMA, 2000).

Não obstante a criação das unidades de conservação na região da Serra do Mar Paranaense, áreas remanescentes originais de Floresta Atlântica são raras (SAVI, 2008), e correspondem a menos de 5% da cobertura original, fato este que indica uma preocupação evidente com esse ambiente. Bigarella (1978) e Maack (2012) já apontavam uma vasta degradação dos ambientes serranos no Paraná, afirmando que as suas consequências seriam no mínimo preocupantes em vista ao futuro. Roberto Ribas Lange (1975), biólogo conservacionista paranaense, já dizia (*apud* IAP, 2002):

A necessidade de preservação da Serra do Mar já é problema suficientemente definido por razões de ordem técnica, científica e econômica. As características geológicas, topográficas e climáticas (temperaturas elevadas que estimulam a degradação química das rochas, as elevadas taxas pluviométricas) caracterizaram a cobertura vegetal como elemento indissociável do solo. Com a devastação da cobertura vegetal toda a Serra passa a ficar sujeita a erosão, deslizamentos, perturbação do regime hídrico que se refletem, sobretudo nas áreas vizinhas, por secas, inundações e assoreamento.

¹FIGUEIREDO, W.M.B.; SILVA, J.M.C. da; SOUZA, M.A. de. Biogeografia e a Conservação da Biodiversidade. In: ROCHA, C.F.D.; BERGALHO, H.G.; SLUYS, M.V.; ALVES, M.A.S. **Biologia da Conservação**: essências. São Carlos: RiMa. p. 137, 2006.

A fim de subsidiar o conhecimento para que as ações governamentais de conservação pudessem ser efetivadas, diversas pesquisas foram realizadas nessa tipologia florestal, em especial nas florestas de altitude, ou matas nebulares. Contudo, Falkenberg e Voltolini (1995) salientaram a falta de conhecimento a respeito da diversidade de espécies e a necessidade de pesquisas biológicas básicas e inventários como pré-requisitos para ações de conservação e de restauração desses ambientes. A degradação dessas florestas ainda é agravada pela sua baixa resiliência (HAMILTON *et al.*, 1995).

A maior parte do conhecimento científico sobre os ecossistemas altomontanos tropicais concentra-se nas montanhas da América Central e do noroeste da América do Sul. Estudos florísticos sobre tais ecossistemas podem apontar índices de diversidade, espécies novas, raras, endêmicas, indicadoras de ambientes ainda bem conservados, assim como subsidiar estudos fitogeográficos e o fortalecimento de estratégias de conservação da diversidade biológica e da qualidade ambiental (SCHEER; MOCOCHINSKI, 2009).

Algumas questões ainda carecem de respostas e mesmo têm instigado ações de pesquisa no sentido de uma melhor compreensão acerca da manutenção das florestas nesses ambientes no que diz respeito a sua própria dinâmica de crescimento, tais como: (i) Como se dá esse crescimento? (ii) Quais são as estratégias ecológicas de ocupação das espécies, e suas respectivas taxas de crescimento? (iii) Qual a longevidade destas espécies? (iv) Que espécies possuem potencial para trazer tais informações? (v) De que modo pode-se extrair dados adicionais que ampliem o conhecimento existente sobre estas formações?

Estas questões técnicas norteiam a presente pesquisa, visto que são relativamente escassas as informações acerca do crescimento de espécies florestais em condições de ambientes altomontanos. Neste sentido, a dendrocronologia, e especificamente a dendroecologia, como ciência que aplica e infere a respeito das informações ecológicas contidas nos anéis de crescimento das árvores, a partir da datação no ano exato de sua formação, surge como uma ferramenta essencial, permitindo analisar a ocorrência de fenômenos ecológicos e/ou alterações ambientais, reconstruir a trajetória de vida de uma árvore e estabelecer relações com condições climáticas pretéritas e atuais (FRITTS, 1976; COOK; KAIRIUKSTIS, 1990; SCHWEINGRUBER, 1993).

Dessa maneira, ao passo que se elevam as altitudes, as condições específicas para a manutenção das comunidades se tornam cada vez mais restritivas. Assim, a altitude é fator limitante ao crescimento das árvores, de acordo com os fundamentos básicos da dendrocronologia (FRITTS, 1976; STOKES; SMILEY, 1968). Logo, essa variável deve ter efeito sobre o desenvolvimento das árvores nos ambientes altomontanos do Paraná, visto que estes se localizam nas maiores elevações do estado.

A inexistência de estudos dendrocronológicos e dendroecológicos em ambientes altomontanos tropicais e subtropicais no Brasil reforça a necessidade de pesquisas nestas áreas, uma vez que é primordial ter conhecimento acerca da dinâmica desses ambientes, visando subsidiar ações prioritárias futuras para sua conservação.

2 OBJETIVO GERAL

Essa pesquisa teve por objetivo avaliar o potencial dendrocronológico de *Ilex microdonta* Reissek (Aquifoliaceae) e *Drimys brasiliensis* Miers. (Winteraceae), em ambientes altomontanos de duas montanhas na Serra do Mar, Paraná, Brasil.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar macroscopicamente o anel de crescimento das espécies;
- Verificar alterações no padrão e distribuição dos anéis de crescimento das espécies;
- Determinar a idade das árvores selecionadas em ambos os sítios;
- Gerar séries temporais de crescimento e cronologias para as espécies nos sítios de estudo;
- Correlacionar as séries temporais com dados meteorológicos (temperaturas máxima e mínima, e precipitação).
- Analisar a influência da altitude na expressão dos padrões de crescimento das espécies.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

A nomenclatura de Floresta Ombrófila Densa foi inicialmente proposta por Ellenberg e Mueller Dombois (1967), em contraposição à terminologia “Pluvial”, embora ambos tenham o mesmo significado. No Brasil, essa unidade fitoecológica se expressa tanto na região Amazônica quanto na região costeira (IBGE, 2012), popularmente descrita, neste caso, como Floresta Atlântica. Fatores como a temperatura elevada e altos índices de precipitação garantem a exuberância da vegetação, bem como a presença de árvores de médio a grande porte, além de lianas e epífitas em abundância, caracterizando uma elevada riqueza florística (PIRES *et al.*, 2005; MMA, 2010). A característica ombrotérmica está ligada aos fatores climáticos tropicais de elevadas temperaturas médias (acima de 25°C) e elevados índices pluviométricos, bem distribuídos ao longo do ano, o que determina uma situação bioecológica ininterrupta (IBGE, 2012).

O estado do Paraná, com apenas 2,5% da superfície brasileira, detém em seu território a grande maioria das principais unidades fitogeográficas que ocorrem no país. Originalmente, 83% de sua superfície era recoberta por florestas. Os 17% restantes eram ocupados por formações não florestais (campos e cerrados), completados por vegetação pioneira de influência marinha (restingas), flúvio-marinha (mangues) e flúvio-lacustre (várzeas), e pela vegetação herbácea do alto das montanhas (campos de altitude e vegetação rupestre) (RODERJAN *et al.*, 2002).

No âmbito da cobertura florestal original no Paraná, a Floresta Ombrófila Densa destaca-se em sua porção leste, definida praticamente em toda sua extensão pela barreira geográfica natural da Serra do Mar, com altitude máxima de 1887 m, influenciada diretamente pelas massas de ar quentes e úmidas do oceano Atlântico e pelas chuvas relativamente intensas e bem distribuídas ao longo do ano. Estão incluídas nesse caso as formações florestais da Planície Litorânea, das encostas da Serra do Mar e de parte do vale do rio Ribeira. (RODERJAN *et al.*, 2002).

Várias são as formações em desenvolvimento, cada uma com inúmeras comunidades e associações, constituindo complexa e exuberante coleção de formas biológicas. Em função de antropismos diversos, predominam as formações secundárias em diversas fases da sucessão, desde os estágios iniciais até os avançados; em algumas poucas áreas persistem florestas primárias, com distintos graus de alteração (GUAPYASSÚ, 1994).

Segundo IBGE (2012), as subdivisões dessa fitofisionomia seguiram estudos fitogeográficos confiáveis, considerando a altimetria em função da latitude como fator de transição. Para a faixa latitudinal em que se localiza a Serra do Mar paranaense, conforme estudos de Roderjan *et al.* (2002), esta pode ser subdividida em: Formação Aluvial (sem delimitação altimétrica, ocorre em função da presença de terraços aluviais, com ou sem hidromorfia), das Terras Baixas (até 20 m s.n.m., situados sobre sedimentos quaternários de origem marinha), Submontana (de 20 m até 600 m s.n.m., sobre sedimentos continentais, provindos dos terços médios e superiores das vertentes), Montana (de 600 m até 1200 m s.n.m., já nos terços médios das vertentes) e Altomontana (acima de 1200 m s.n.m., nas porções mais elevadas).

Roderjan *et al.* (2002) e Maack (2012) referem-se à presença de inúmeras espécies arbóreas características dessa formação, em seus ambientes submontano e montano, dentre elas: *Euterpe edulis* Mart., *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman, *Attalea dubia* (Arecaceae), *Ocotea catharinensis* Mez (Lauraceae), *Cecropia glaziovii* Snethl. (Urticaceae), *Sloanea guianensis* (Aubl.) Benth. (Elaeocarpaceae), *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake (Fabaceae), *Virola bicuhyba* (Schott ex Spreng.) Warb. (Myristicaceae), *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae), *Pseudopiptadenia warmingii* (Benth.) G. P. Lewis & M. P. Lima (Fabaceae), *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) e *Vochysia bifalcata* Warm. (Vochysiaceae).

Nos ambientes hidromórficos de planície, destacam-se: *Calophyllum brasiliense* Cambess. (Clusiaceae), *Cytharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae), *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax., *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll. Arg. (Euphorbiaceae) e *Pseudobombax grandiflorum* (Cav.) A. Robyns (Bombacaceae), entre outras (RODERJAN *et al.*, 2002; MAACK, 2012).

Além da sinúsia arbórea, outros componentes vegetacionais importantes caracterizam a grande riqueza florística da Floresta Ombrófila Densa. Blum (2010), ao estudar os componentes epifíticos vasculares e herbáceos terrícolas nos patamares

montano e submontano, identificou que *Vriesea altodaserrae* L.B.Sm. (Bromeliaceae), *Nematanthus australis* Chautems (Gesneriaceae), *Codonanthe gracilis* (Mart.) Hanst. (Gesneriaceae), *Heteropsis rigidifolia* Engl. (Araceae) e *Monstera adansonii* Schott (Araceae) correspondem aos maiores valores estruturais das comunidades epifíticas, e que *Pleurostachys distichophylla* (Boeckeler) C.B.Clarke (Cyperaceae), *Psychotria stachyoides* Benth. (Rubiaceae), *Adiantum abscissum* Schrad. (Pteridaceae) e *Saccoloma inaequale* (Kunze) Mett. (Saccolomataceae) são as espécies indicadoras da sinúsia herbáceo terrícola. O autor aponta também as características topográficas, como a declividade, como fator preponderante na estrutura das duas comunidades.

As lianas também têm importante função ecológica e estrutural no âmbito da Floresta Ombrófila Densa. Brandes (2007) cita que aproximadamente 25% da riqueza e abundância dessa tipologia provêm das lianas, onde Fabaceae e Bignoniaceae preponderam, em número de espécies. O autor ainda cita que a abundância é controlada por fatores abióticos, incluindo precipitação total, periodicidade das chuvas, fertilidade do solo e distúrbios, e que esse componente vegetal pode contribuir com até 5% da biomassa total acima do solo, sendo que suas folhas podem compor até 40% da área foliar da floresta.

3.2 FLORESTA OMBRÓFILA DENSA ALTOMONTANA

Essa formação possui algumas denominações regionais, como “Mata de Neblina” (MAACK, 2012) e “Mata Nebular” (BIGARELLA, 1978; RODERJAN *et al.*, 2002), bem como a própria denominação de IBGE (2012), de Floresta Ombrófila Densa Altomontana. No estado do Paraná, compreende as formações florestais que ocupam as porções mais elevadas da Serra do Mar confrontando com as formações campestres e rupestres das cimeiras das serras (Refúgios Vegetacionais). É constituída por associações arbóreas simplificadas e de porte reduzido (3 a 7 metros de altura), regidas por condicionantes climáticas e pedológicas mais restritivas ao desenvolvimento das árvores (baixas temperaturas, ventos fortes e constantes, elevada nebulosidade e solos progressivamente mais rasos e de menor fertilidade) (RODERJAN *et al.*, 2002).

O clima da região onde estão situadas as florestas altomontanas da Serra do Mar paranaense é classificado como Cfb, segundo Koeppen, sendo do tipo subtropical, sempre úmido e com a temperatura média do mês mais frio abaixo de 18°C, com geadas frequentes e severas, e a média do mês mais quente inferior a 22°C. Roderjan e Grodski (1999), ao realizar o acompanhamento meteorológico de um trecho de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, no ano de 1993, verificou que a temperatura média foi de 13,4 °C, com uma média máxima de 16,7 °C e uma média mínima de 10,9 °C. Os autores apontam uma diferença, para menos, de 1,34 °C na temperatura média anual, em relação a patamares mais inferiores da paisagem. Em relação às taxas pluviométricas, os mesmos encontraram, para aquele ano, o valor de 2091 mm, coerente com os citados por Maack (2012).

Os solos analisados em formações altomontanas paranaenses são extremamente ácidos, com altos teores de matéria orgânica, baixa saturação por bases e altos teores de alumínio trocável (ROCHA, 1999; RODERJAN *et al.*, 2002; SCHEER *et al.*, 2011a, VASHCHENKO, 2012).

Nestas situações são típicas *Ilex microdonta* Reissek (Aquifoliaceae), *Siphoneugena reitzii* D. Legrand (Myrtaceae), *Podocarpus sellowii* Klotzsch ex Endl. (Podocarpaceae), *Drimys brasiliensis* Miers (Winteraceae), *Ocotea catharinensis* Mez (Lauraceae); e as exclusivas *Tabebuia catarinensis* A. H. Gentry (Bignoniaceae), *Weinmannia humilis* Engl. (Cunoniaceae) e *Clethra uleana* Sleumer (Clethraceae), entre outras (RODERJAN *et al.*, 2002). Neste ambiente reduz-se o epifitismo vascular e é abundante o avascular (musgos e hepáticas), recobrando integralmente os troncos e ramificações das árvores (RODERJAN, 1994; PORTES, 2000).

No Paraná, alguns trabalhos descreveram a estrutura arbórea (RODERJAN 1994; ROCHA, 1999; PORTES *et al.*, 2001; KOEHLER *et al.*, 2002; SCHEER *et al.*, 2011a, VIEIRA *et al.*, 2014), a florística vascular (SCHEER; MOCOCHINSKI, 2009) e as relações pedológicas (SCHEER, 2010; SCHEER *et al.*, 2011b) de trechos da Floresta Ombrófila Densa Altomontana, todos localizados em áreas da Serra do Mar paranaense.

3.3 ANÉIS DE CRESCIMENTO

Os anéis de crescimento podem ser basicamente diferenciados em duas zonas: lenho inicial ou primaveril e lenho tardio, outonal ou estival, por diferenças dos elementos do xilema produzidos durante o ciclo de crescimento (BROWN, 1974). O lenho inicial corresponde ao crescimento da árvore no início do período vegetativo, normalmente na primavera, quando as plantas despertam do período de dormência e retomam a atividade cambial, formando assim células com paredes mais finas e lumens grandes, que lhes conferem coloração mais clara. À medida que se aproximam do fim do período vegetativo, as células diminuem gradativamente sua atividade fisiológica, formando paredes mais espessas e lumens menores, com coloração mais escura (LONGHI-SANTOS, 2013).

A alternância de cores evidencia os anéis de crescimento de muitas espécies, em especial de gimnospermas, em função de sua própria anatomia. Em angiospermas, a distinção dos anéis de crescimento pode se dar principalmente pela presença de uma faixa de células parenquimáticas (parênquima marginal) no limite do anel; alargamento de raios nos limites nos anéis; porosidade e semi-porosidade em anel e espessamento e achatamento de fibras, entre outros (BURGER; RICHTER, 1991).

Inúmeros fatores ambientais, bióticos e abióticos regulam o crescimento secundário das plantas, responsável pela formação dos anéis de crescimento, como competição, posição sociológica, suprimento hídrico, fotoperíodo, radiação, temperatura, disponibilidade de nutrientes, solos, poluentes, vento, fogo etc. (SCHWEINGRUBER, 1996; LARCHER, 2000).

Segundo Husch *et al.* (1982), o crescimento das árvores é influenciado pelas características da espécie, interagindo com o ambiente, e refletem diretamente na formação e anatomia dos anéis de crescimento, de acordo com os períodos de dormência e de reativação cambial (BANNAN, 1962). As influências ambientais incluem fatores climáticos (temperatura, precipitação, vento e insolação), fatores pedológicos (características físicas e químicas, umidade e microrganismos), características topográficas (inclinação, elevação e aspecto) e competição (influências de outras árvores, sub-bosque e animais).

3.4 DENDROCRONOLOGIA

A dendrocronologia pode ser brevemente descrita como a ciência que estuda os anéis de crescimento das árvores e sua datação (STOKES; SMILEY, 1968, KAENNEL; SCHWEINGRUBER, 1995). Os primeiros relatos acerca da existência ou do reconhecimento dos anéis de crescimento datam do século XVI, com Leonardo da Vinci, afirmando que a espessura dos anéis estava relacionada com épocas mais ou menos secas durante o ano (FRITTS, 1976; WORBES, 2004).

Por meio da análise dendrocronológica é possível determinar a idade, o incremento diamétrico das árvores e o efeito das variações ecológicas e ambientais na formação dos anéis de crescimento (TOMAZELLO FILHO *et al.*, 2001). É também aspecto básico para estudos de dinâmica de população, desenvolvimento e produtividade de ecossistemas (BOTOSSO; MATTOS, 2002).

A dendrocronologia como uma ciência multidisciplinar aborda conceitos de diversas áreas do conhecimento como a Arqueologia (STREET, 2001), Climatologia, Glaciologia (PELFINI, 2014), Hidrologia, Vulcanologia, Ecologia (LONGHI-SANTOS, 2013), Geomorfologia (GÄRTNER *et al.*, 2004), entre outras (SPEER, 2010). Esta é regida por alguns princípios básicos - princípio dos fatores limitantes, da uniformidade, amplitude ecológica, seleção de sítios, sensibilidade, *crossdating*, replicação e padronização – (FRITTS, 1976; WORBES, 2004; SPEER, 2010), os quais são essenciais e norteiam as fundamentações desta ciência.

Uma base metodológica relativamente simples e muito eficaz faz da dendrocronologia uma ciência de custo-benefício favorável e, por isso, amplamente utilizada. A análise dos anéis de crescimento permite a reconstrução e previsões climáticas, assim como das alterações ambientais naturais, da dinâmica das populações florestais, do manejo florestal, dos recursos hídricos e dos processos geomorfológicos. Também possibilitam avaliar o efeito dos ventos, a ocorrência de ataque de insetos e microrganismos, os processos tectônicos, as atividades vulcânicas, os incêndios, as operações silviculturais, a presença de metais pesados no ambiente e de outras ações antropogênicas (KITZBERGER *et al.*, 2000; OLIVEIRA, 2007).

Diversos são os trabalhos que descrevem as metodologias e aplicações desta ciência. Como base, pode-se mencionar os estudos de Stokes e Smiley (1968), Schweingruber (1988; 1996), Fritts (1976), Cook e Kairiukstis (1990), Roig (2000), Bass e Vetter (1989) e Eckstein *et al.* (1995), entre outros.

3.5 DENDROCRONOLOGIA DE FLORESTAS TROPICAIS E SUBTROPICAIS

Por muito tempo acreditou-se que os estudos de anéis de crescimento em áreas tropicais não pudessem ser realizados, muito em função da falta de estações climáticas bem pronunciadas, a exemplo do que ocorre em áreas temperadas (ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011), sendo para isso fundamental a presença de anéis visíveis formados anualmente (FRITTS, 1976; SCHWEINGRUBER, 1988).

A formação dos anéis de crescimento é resultado de alterações da atividade cambial, em função de fatores como temperatura, fotoperíodo, precipitação e reguladores endógenos, que controlam o ritmo de crescimento (FAHN *et al.*, 1981). Roig (2000) aponta que, anatomicamente, existem basicamente três padrões estruturais importantes que definem o limite de um anel de crescimento e, conseqüentemente, facilitam a sua demarcação: (i) diferenciação do tamanho dos vasos, entre os lenhos inicial e tardio; (ii) maior espessamento e achatamento radial das paredes das fibras e/ou traqueídes axiais no lenho tardio em relação ao lenho inicial; (iii) presença contínua de parênquima marginal no limite do anel. Segundo Lisi *et al.* (2008), uma estratégia útil para identificar os limites dos anéis de crescimento em espécies tropicais está em associar duas ou mais características anatômicas da madeira (WORBES, 1989; VETTER, 2000).

A dendrocronologia em áreas tropicais e subtropicais pode trazer inúmeros benefícios à climatologia, ecologia e manejo florestal, sendo que um dos maiores desafios ainda consiste em encontrar espécies que possuam anéis anuais distintos (STAHLE, 1999). O mesmo autor enfatiza que, a presença de falsos anéis, anéis descontínuos, parênquima marginal múltiplo e outros fatores podem causar erros na demarcação dos anéis, o que em parte é justificado pelas poucas variações climáticas existentes nesses ambientes.

Diversos estudos mostram que, na zona neotropical amazônica, a presença de uma estação seca e os períodos sazonais de inundação das florestas são fatores essenciais que definem o início dos períodos de crescimento e, por consequência, de demarcação dos anéis (WORBES, 1989, 1995; DÉTIENNE, 1989; VETTER; BOTOSSO, 1989; SCHÖNGART *et al.*, 2002; BONINSEGNA *et al.* 2009).

Para a região subtropical brasileira, no contexto do bioma Mata Atlântica, encontram-se os trabalhos de Tomazello Filho *et al.* (2004), Lisi *et al.* (2008) e Chagas (2009) em áreas de Floresta Estacional Semidecidual; Seitz e Kaninnen (1989), Dünisch (2005), Oliveira (2007, 2009a, 2009b), Stepka (2012), Kanieski (2013), Longhi-Santos (2013) e Adenesky-Filho (2014), em áreas de Floresta Ombrófila Mista, e suas subformações; Callado *et al.* (2001a, 2001b, 2004), Brandes (2007), Rauber (2010), Andreacci (2012) e Shimamoto (2012) em áreas de Floresta Ombrófila Densa, entre outros.

3.6 DENDROCRONOLOGIA EM ALTITUDE

Nos ambientes de altitude, um dos principais fatores limitantes do desenvolvimento das espécies é a temperatura. Os efeitos de sua variação são bastante pronunciados nestes ambientes. O aumento da temperatura atmosférica e dos oceanos, associados às mudanças climáticas de origem antropogênica, podem ter alterado o conjunto de condições ambientais que mantém os ecossistemas altomontanos (ACHUKAITIS *et al.*, 2008). Portanto, esses ecossistemas são importantes indicadores de mudanças climáticas, uma vez que são extremamente sensíveis às condições ambientais (BRIFFA, 2000; TENCA; CARRER, 2009).

Embora as implicações fisiológicas ainda não sejam muito bem conhecidas, as temperaturas críticas para a ocorrência das florestas em altitude variam de 5,5 a 7,5°C, tendo, portanto, relação direta com a latitude (MORALES *et al.*, 2004). Ainda assim, Biondi (2001) encontrou na precipitação o melhor sinal climático na construção de cronologias de *Pinus hartwegii* Lindl., nas montanhas do México, verificando que esta se dá em função das monções de verão que ocorrem na região.

Em um dos primeiros estudos dendrocronológicos em ambientes de altitude, Villalba *et al.* (1985), estudaram *Cedrela angustifolia* Sessé & Moc. ex DC. (Meliaceae)

e *Juglans australis* Griseb. (Juglandaceae) na Cordilheira dos Andes, e verificaram que ambas as espécies possuem potencial para estudos dendrocronológicos, uma vez que o ponto de intercorrelação foi similar às cronologias da América do Norte. A forte relação entre o crescimento com temperatura baixas e altas taxas de precipitação mostrou que, em longo prazo, os sinais em comum possuem potencial para reconstruções climáticas.

Carrer *et al.* (1998), ao avaliarem o incremento de árvores de *Larix decidua* Mill, *Picea abies* (L.) Karst. e *Pinus cembra* L., nos alpes italianos, em altitudes variando de 2000 a 2100 m s.n.m., constataram que temperaturas mais altas (em torno de 13°C a 16°C) tiveram um efeito positivo no crescimento radial intra-anual, enquanto que a precipitação não teve influência significativa. Os autores acreditam que a sensibilidade estomatal ao déficit de pressão de vapor pode ter influência sobre os resultados, uma vez que o déficit hídrico desses ambientes tem grande efeito, dependendo das estratégias de sobrevivência aos períodos de seca.

Piovesan *et al.* (2003) ao analisarem cronologias de *Fagus sylvatica* L. na Itália, verificaram que a precipitação de verão, durante a época de crescimento, e o aumento gradativo da temperatura no início do período vegetativo foram os sinais climáticos mais proeminentes, na construção das cronologias. Resultados semelhantes foram, também, encontrados por Büntgen *et al.* (2007), também em ambientes montanos da Europa Central.

Tenca e Carrer (2009) ao compararem a resposta climática ao crescimento em árvores do Nepal e da Europa verificaram que o sinal mais evidente na detecção das cronologias foi com relação à temperatura no período vegetativo. A precipitação não apresentou correlação significativa, devido aos diferentes regimes hídricos aos quais cada região está submetida.

Na América do Sul, as principais frentes de pesquisa dendrocronológica em altitude são apresentadas por Boninsegna *et al.* (2009) e Roig (2000). Ambos os autores compilaram uma série de estudos nos ambientes andinos de altiplano, na Argentina, Chile e Bolívia, com ênfase nas variações climáticas geradas pelas distintas latitudes e altitudes da Cordilheira dos Andes.

De maneira geral, as pesquisas demonstram que a variação espacial dos regimes de precipitação e de temperatura afetam os padrões de crescimento, podendo ser identificados nas cronologias das espécies estudadas, principalmente no que diz respeito ao início do período vegetativo, em que as plantas - em tese - ficariam

mais sensíveis a essas diferentes variações. Temperaturas excessivamente elevadas favorecem a um aumento de evapotranspiração, reduzindo a disponibilidade hídrica do sistema e, conseqüentemente, são negativamente correlacionadas ao crescimento (BONINGSEGNA *et al.*, 2009).

Com relação à precipitação, as principais relações encontradas com as cronologias são justamente nos períodos de alta atividade cambial, nos meses de verão, correlacionando positivamente com o crescimento, em detrimento ao inverno, onde a presença constante de uma espessa camada de neve inibe a atividade cambial e, por conseqüência, o crescimento (ROIG, 2000).

3.7 *Ilex microdonta* Reissek (AQUIFOLIACEAE)

É uma árvore, arvoreta ou arbusto, sempre verde, podendo variar de 2,5 m a 10m de altura (EDWIN; REITZ, 1967; BROTTTO *et al.*, 2007), popularmente conhecida como caúna, ou congonha. Do grego *micros* (pequeno) e *odous* (dente), a espécie possui como característica principal as folhas coriáceas (FIGURA 1), com margens microdentadas, o que auxilia a sua identificação. A espécie floresce de outubro até dezembro, e frutifica entre fevereiro e abril (EDWIN; REITZ, 1967).



FIGURA 1. (A) Indivíduo de *Ilex microdonta* no Pico Caratuva, bastante inclinado em função da declividade da área de estudo; (B) Detalhe das folhas, com o terço superior micro dentado, característico da espécie.

Ilex microdonta é frequentemente associada às matinhas nebulares (BROTTO *et al.*, 2007), nas maiores elevações das encostas pluviais da floresta atlântica (EDWIN; REITZ, 1967), e nos planaltos de altitude das matas de pinhais (GALVÃO, 1989), onde desempenha importante papel na composição de diversas associações.

Com uma densidade da madeira variando de 0,48 a 0,52 g/cm³ (MARTINS *et al.*, 2004), *I. microdonta* já foi muito utilizada para fins energéticos, como lenha, e também caixotaria (EDWIN; REITZ, 1967), sendo suas folhas utilizadas para adulterações da erva-mate - *Ilex paraguariensis* (EDWIN; REITZ, 1967).

Alguns levantamentos fitossociológicos em ambientes altomontanos no estado do Paraná destacam a importância da espécie nas comunidades, muito em função de sua densidade e frequência (RODERJAN, 1994; PORTES *et al.*, 2001; KOEHLER *et al.*, 2002).

3.8 *Drimys brasiliensis* Miers (WINTERACEAE)

Nos ambientes altomontanos, é considerada arbusto ou arvoreta, tendo de 2 a 6 m de altura, de 10 a 20 cm de diâmetro, e popularmente conhecida por cataia, ou casca-d'anta. A espécie apresenta folhas pecioladas, com lâminas lanceoladas, discolors (face abaxial levemente acinzentada), o que caracteriza sua identificação no campo (FIGURA 2). Apresenta floração de julho a novembro, e frutificação de agosto a fevereiro (TRINTA; SANTOS, 1997).



FIGURA 2. (A) Detalhe da coleta de amostras de madeira em indivíduo de *Drimys brasiliensis*, com o ritidoma recoberto por espécies avasculares; (B) Floração de *Drimys* em zona de transição altomontana-montana, e face foliar abaxial discolor.

Drimys brasiliensis ocorre nos sub-bosques dos pinhais e, também, em vegetação dos topos dos morros da Floresta Ombrófila Densa (matinha nebulosa), apresentando vasta e muito expressiva distribuição (TRINTA; SANTOS, 1997). É uma espécie heliófila, exigente em luz, e frequentemente associada às composições altomontanas com *Weinmannia humilis* Engl., *Siphoneugena reitzii* Legr., *Laplacea fruticosa* (Schrd.) Kobuski., *Gomidesia sellowiana* Berg., *Ilex microdonta* Reissek, *Ilex brevicuspis* Reissek, *Clethra uleana* Pers, *Clethra scabra* Sleumer e outras espécies de arvoretas (TRINTA; SANTOS, 1997).

O gênero *Drimys* possui casca aromática, com propriedades farmacológicas, sendo utilizada no tratamento de afecções do trato digestivo, também contra febre e dor (TRINTA; SANTOS, 1997; WITAICENIS, 2006;). Estudos farmacológicos também comprovam a ação anti-inflamatória e antialérgica de *Drimys* sp. (WITAICENIS *et al.*, 2007; LIMBERGER *et al.*, 2007). Segundo Pio Corrêa (1931)² *apud* Trinta e Santos (1997), a casca de *D. brasiliensis* era comercializada como “Casca de *Winter*” ou “Cortex *Winteranus*”, e foi muito utilizada em meados do século 16 para tratar os marinheiros com escorbuto. O próprio nome casca d’anta também decorre da utilização da casca pelas antas (*Tapirus americanus*), quando doentes.

No Brasil é encontrada principalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, onde é reportada principalmente para os ambientes de altitude do estado (RODERJAN *et al.*, 2002; SCHEER, 2010;).

²PIO CORRÊA, M. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Imprensa Nacional, v. 6, 1931. 707p.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

4.1.1.1 Sítio Anhangava

O Morro Anhangava é a maior elevação da Serra da Baitaca. Possui altitude de 1430 m s.n.m., com coordenadas aproximadas de 25,38°S e 49,00°W (FIGURA 3). A Serra da Baitaca localiza-se na divisa dos municípios de Pinhais e Piraquara, ambos situados na borda oriental do primeiro planalto paranaense, elevando-se cerca de 500 m acima da altitude média do planalto (RODERJAN, 1994). O Morro Anhangava dista cerca de 30 km do centro de Curitiba.

O primeiro diagnóstico ambiental da Serra da Baitaca realizado por Roderjan e Struminski (1992) constatou alteração da cobertura vegetal, com a presença de vegetação secundária expressiva (21,16%), povoamentos de espécies alóctones (8,19%) e áreas de mineração de granito (3,78%). Segundo estes autores, a proximidade com o distrito de Borda do Campo, em Quatro Barras, ainda favorece a contínua alteração do meio natural, em altitudes menos expressivas da Serra.

O local de coleta das amostras corresponde ao remanescente de Floresta Ombrófila Densa Altomontana, próximo ao cume, em altitudes variando de 1368 m a 1425 m s.n.m. e tendo o sul como face de exposição.

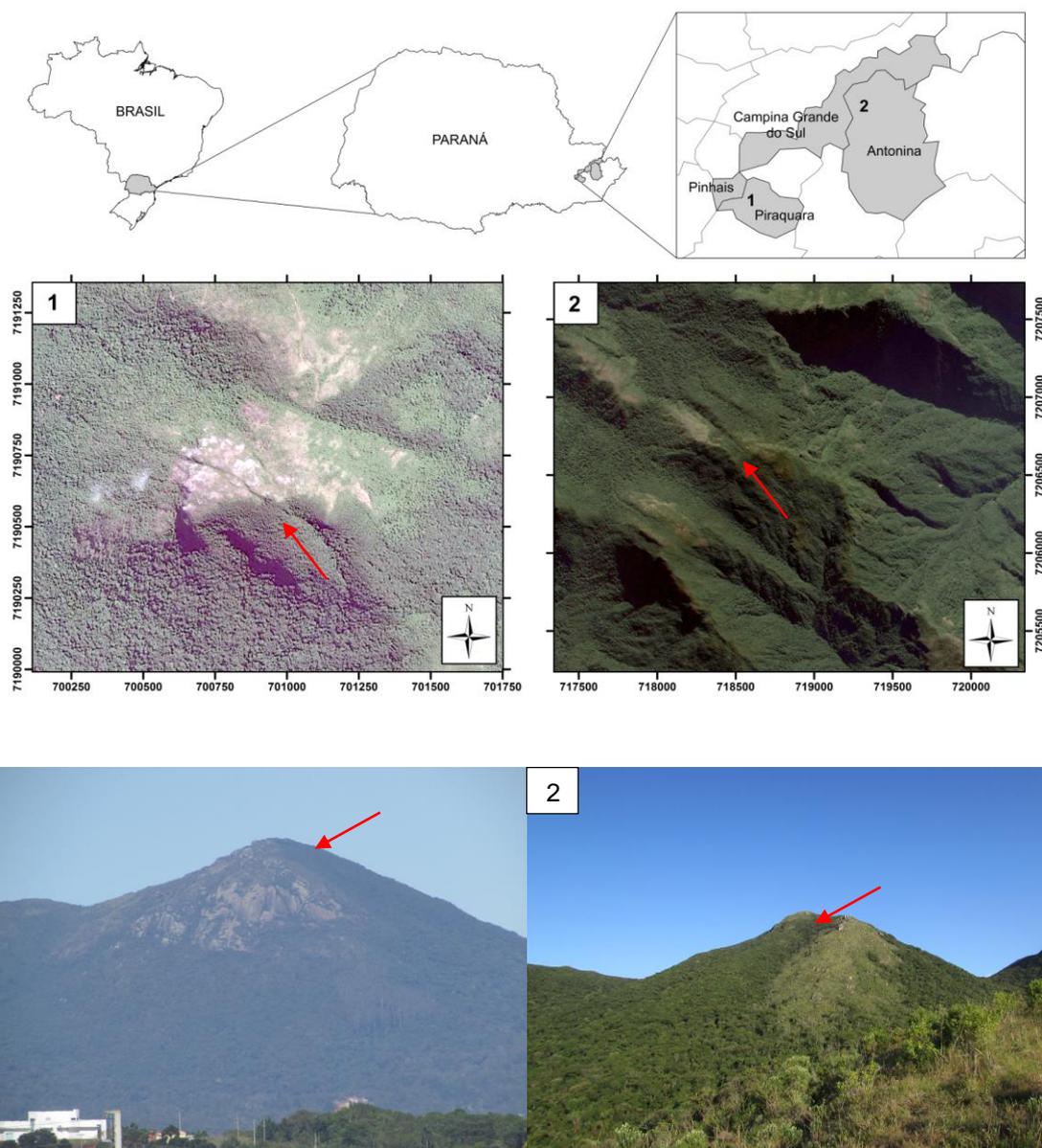


FIGURA 3. Localização das duas áreas de estudo, mostrando a vista aérea e lateral do Morro Anhangava (1) e Pico Caratua (2), respectivamente. As setas vermelhas indicam o local aproximado da coleta das amostras.

Fonte: Google Earth Pro, adaptado (2014).

4.1.1.2 Sítio Caratua

O Pico Caratua é o segundo pico mais elevado do Sul do Brasil, com altitude de 1850 m s.n.m, e cume com coordenadas aproximadas de 25,241°S e 48,829°W

(FIGURA 3). Este faz parte do conjunto de montanhas regionalmente conhecido por Serra do Ibitiraquire, que tem como elevação maior o Pico Paraná, com 1887 m s.n.m. Esta serra localiza-se na divisa dos municípios de Campina Grande do Sul, no primeiro planalto setentrional, e Antonina, no litoral do estado. Dista aproximadamente 50 km do centro de Curitiba. Em 2007, alguns trechos de encosta da montanha foram severamente comprometidos por um incêndio florestal, o que alterou parte da dinâmica do ecossistema montano e altomontano, com consequências que persistem até os dias de hoje (FIGURA 4).

O local de coleta das amostras localiza-se próximo ao cume, em área não atingida pelo incêndio florestal, em altitudes entre 1638 m e 1798 m s.n.m., tendo o noroeste como face de exposição.



FIGURA 4. Antes – à esquerda – (2004) e depois – à direita – do incêndio na face noroeste do Pico Caratua em 2014. A alteração da cobertura vegetal - de uma matriz arbórea para uma herbácea -, é notável, mostrando a baixa resiliência destes ambientes.

4.1.2 Clima

As áreas de estudo apresentam um zoneamento climático fortemente influenciado pela compartimentação regional do relevo e pelo desnivelamento altimétrico, o que produz discontinuidades no padrão de distribuição espacial e temporal dos regimes de precipitação e temperatura. Isso deve-se ao efeito “orográfico”, com bruscas variações altimétricas, onde a temperatura média diminui 0,6 °C a cada 100m de elevação altitudinal (SAVI, 2008). No estado do Paraná, a Serra do Mar é a porção geográfica que registra a maior porcentagem de

precipitações, em função de frequentes chuvas orográficas ou de ascensão (MAACK, 2012). Em função disso, a presença de nebulosidade é fator constante nesses ambientes (FIGURA 5).

A classificação climática regional corresponde ao tipo Cfb, segundo Koeppen, descrito como subtropical úmido mesotérmico, com temperaturas médias para os meses mais quentes (DEZ-FEV) inferiores a 22°C e para os meses mais frios (JUN-AGO) entre 18 °C e -3 °C, sem ocorrência de estação seca (RODERJAN, 1994). A Serra do Mar apresenta registros das maiores precipitações do estado (BIGARELLA, 1978), alcançando entre 1500 e 2000 mm anuais, podendo chegar até 3000 mm, como registrado no Posto Véu da Noiva, em Morretes (IAP, 1996).



FIGURA 5. Presença de nuvens em altitude em áreas de florestas altomontanas é fator constante, e caracteriza o microclima regional. Na imagem, elevações da Serra do Ibitiraquire, Paraná.

4.1.3 Geologia e Geomorfologia

A Serra do Mar representa um degrau entre o litoral e o primeiro planalto, bem como uma serra marginal típica, com elevações de 500m a 1000m sobre o nível médio do planalto. É dividida em blocos, cada um com suas denominações regionais (MAACK, 2012).

Savi (2008) cita três fatores determinantes para a modelagem da Serra do Mar: diferenças litológicas, tectônicas e agentes morfoclimáticos esculpidores de relevo. A litologia registrada para a área é predominantemente composta por granitos e migmatitos e, em menor proporção, sequências vulcânicas ácidas e sequências sedimentares do eopaleozóico, quartzitos, diques de diabásio e depósitos colúvio-aluvionares, orientados no sentido NE-SW (IAP, 1996). Os granitos da Serra do Mar são incididos por falhamentos do Ciclo Brasileiro/Pan-Africano (direção NE-SW) e do Arco de Ponta Grossa (na direção NW-SE) (SCHEER *et al.*, 2013).

De forma geral, na área de estudo dominam os terrenos sustentados pelas rochas do escudo cristalino – granitos, gnaisses e migmatitos – (SAVI, 2008). O contato entre os dois tipos de rochas se dá por meio de falhas, embora possa haver transição gradual entre ambas (BIGARELLA, 1978).

O Pico Caratua é composto por uma suíte de sieno granitos, formado pelo Granito Graciosa, de idade Proterozóica Superior. O Morro Anhangava é inteiramente formado por uma suíte álcali-granítica (Granito Anhangava), de datação também Proterozóica Superior. Em ambas as áreas os corpos graníticos são discordantes e arredondados (MINEROPAR, 2001; 2006).

4.1.4 Solos

De maneira geral, as classes de solos que predominam nas porções superiores das vertentes correspondem aos Neossolos e Organossolos (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; SCHEER; MOCOCHINSKI, 2009; SCHEER *et al.*, 2013), ambos com ampla predominância de horizontes hísticos não hidromórficos. Ocorrem também

afloramentos de rocha, nas vertentes com declividades muito acentuadas (FIGURA 6).

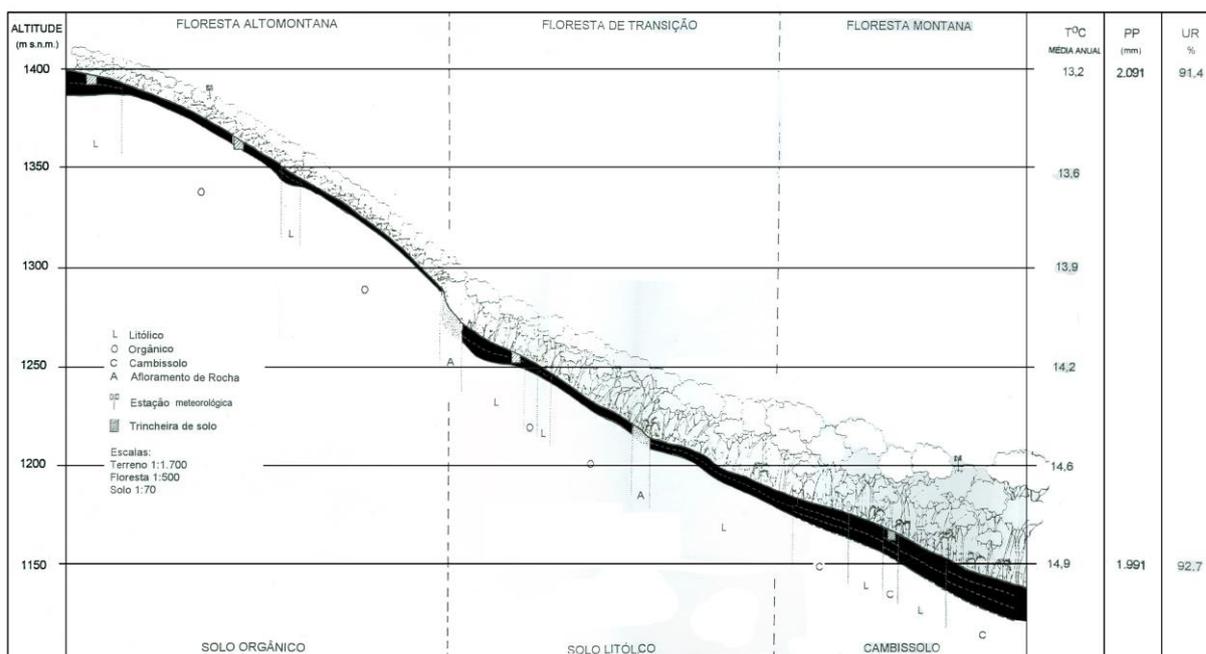


FIGURA 6. Distribuição dos solos na paisagem dos terços superior e médio da vertente sul do Morro Anhangava. Adaptado de Roderjan (1994).

Os Neossolos são classificados como solos constituídos por material mineral ou orgânico pouco espesso, com horizonte A ou A-C, sem presença de horizonte B diagnóstico (EMBRAPA, 2013). São prioritariamente encontrados solos correspondentes às subordens de Solos Litólicos (contato lítico em até 50 cm de profundidade) e Regolíticos (contato lítico acima de 50 cm de profundidade) (VASHCHENKO, 2012).

Os Organossolos são solos constituídos por material orgânico, que apresentam horizonte O ou H hístico com teor de matéria orgânica maior ou igual a 200 g kg⁻¹ de solo (EMBRAPA, 2013). Essa tipologia ocorre em cristas, cumes, vales e encostas côncavas e convexas de relevo montanhoso a escarpado, sobre migmatitos, diques de diabásio e granito (VASHCHENKO, 2012). Dentre as subordens encontradas sob a floresta altomontana, destacam-se os Organossolos Fólicos (ROCHA, 1999).

4.1.5 Hidrografia

A drenagem do leste paranaense tem a maioria de seus rios com nascentes distribuídas nas encostas da serra e próximo aos topos, sob a forma de riachos e córregos. Esses cursos d'água convergem para um coletor principal, definindo uma sub-bacia. Nas encostas mais íngremes da serra a drenagem encontra-se encaixada nas linhas estruturais (FIGURA 7), originando profundos vales em “V” (BIGARELLA, 1978).



FIGURA 7. Aspecto da drenagem estrutural da Serra do Mar, com vales encaixados em falhas geológicas, em “V”. Ao fundo, a planície litorânea e a baía de Antonina (alto, à esquerda).

Nas montanhas da Serra do Mar, e principalmente nas zonas de cumeeiras, os solos e horizontes orgânicos promovem uma alta capacidade de retenção de água e regulação dos fluxos hídricos nas cabeceiras de bacias hidrográficas (SCHEER, 2010).

As áreas de estudo fazem parte da grande zona de descarga hídrica do leste paranaense, dentro da Bacia Hidrográfica Litorânea (SUDERHSA, 2007), e também como cabeceiras de rios que abastecem Curitiba e Região Metropolitana, como os rios Capivari-Mirim, Ipiranga, Capitanduva e Iraí. Também é importante citar que neste trecho da Serra do Mar encontram-se as nascentes do maior rio do estado, e consequentemente da maior bacia hidrográfica, a do rio Iguaçu (RODERJAN, 1994).

4.1.6 Vegetação

A vegetação que recobre a região da Serra do Mar constitui-se em um dos mais bem preservados remanescentes de Floresta Atlântica (IAP, 1996). Conforme critério fitofisionômico determinado para classificação da vegetação brasileira, proposto por IBGE (2012), duas são as fitotipias ocorrentes na área em estudo: Refúgios Ecológicos, compostos por Campos de Altitude, associações vegetais herbáceo-graminóides, entremeados por afloramentos rochosos; e Floresta Ombrófila Densa, nas suas subformações Montana e Altomontana (IAP, 1996).

A formação montana compreende as florestas que ocupam a porção intermediária das encostas da serra situadas entre 600 e 1200 m s.n.m, e a formação altomontana compreende as formações florestais que ocupam as porções mais elevadas (FIGURA 8), em média acima de 1.200 m s.n.m., confrontando com as formações campestres e rupestres das cimeiras das serras (Refúgios Vegetacionais) (RODERJAN *et al.*, 2002).

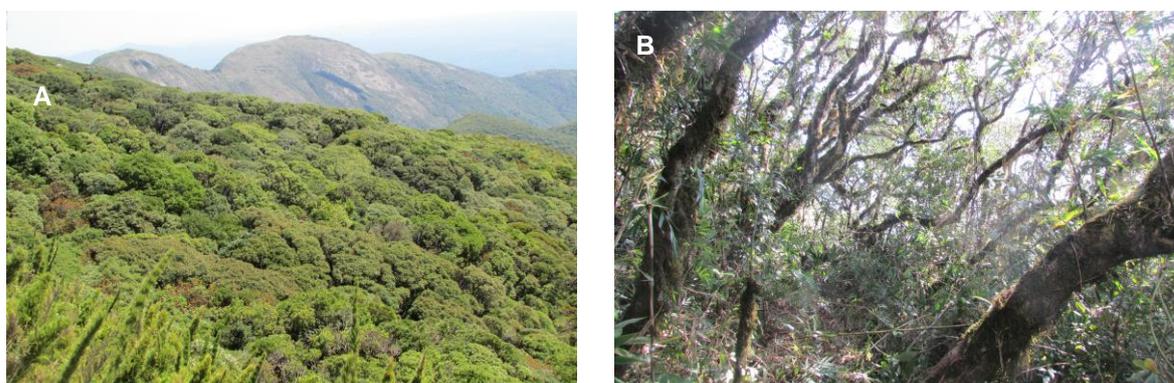


FIGURA 8. (A) Aspecto do dossel de Floresta Ombrófila Densa Altomontana; (B) O seu interior, mostrando as condições de declividade das áreas de estudo.

Nas zonas proximais do planalto, pode-se encontrar associações da Floresta Ombrófila Densa com *Araucaria angustifolia* e outros táxons da Floresta Ombrófila Mista, e Estepes, numa região ecotonal entre essas duas formações fitogeográficas (RODERJAN; GRODZKI, 1999).

4.2 SELEÇÃO DAS ESPÉCIES

Com base em levantamentos florísticos e fitossociológicos realizados nos ambientes altomontanos no Paraná (RODERJAN, 1994; ROCHA, 1999; PORTES *et al.*, 2001; KOEHLER *et al.*, 2002; SCHEER, 2010; SCHEER; BLUM, 2011, VIEIRA *et al.*, 2014), foram previamente selecionadas espécies estruturalmente representativas das comunidades altomontanas, em ambas as áreas de estudo, de acordo com o parâmetro fitossociológico de valor de importância.

Acrescido ao fato de serem espécies estruturalmente representativas destes ambientes, do ponto de vista dendrocronológico é, também, imprescindível que haja uma distinção dos limites das camadas de crescimento (DÉTIENNE, 1989; VETTER; BOTOSSO, 1989; WORBES, 1995; STAHL, 1999), como estratégia útil na seleção de espécies potenciais para esses estudos.

Assim, por meio de campanhas investigativas de campo, foram coletadas amostras das diferentes espécies previamente selecionadas para avaliar o potencial de reconhecimento e visualização macroscópica dos limites dos anéis de crescimento e, dentre estas, *Ilex microdonta* Reissek (Aquifoliaceae) e *Drimys brasiliensis* Miers. (Winteraceae) se sobressaíram em relação às demais. Para determinar as características essenciais da formação dos anéis de crescimento das duas espécies foram realizadas descrições macromorfológicas, com base em análises visuais de cinco indivíduos adultos de cada espécie, com o uso de um estereomicroscópio Zeiss SteREO Discovery. V12, acoplado a um conjunto ótico AxioVision. As principais características que evidenciam os anéis, e seus limites, foram descritas segundo a terminologia adotada pelo IAWA Committee (1989).

4.3 COLETA DAS AMOSTRAS DE MADEIRA E DADOS AMBIENTAIS

Sucessivas campanhas de campo foram realizadas nos ambientes altomontanos, em ambos os sítios, entre dezembro de 2013 e março de 2014 visando a coleta de material lenhoso das árvores selecionadas. Foi utilizado como critério de controle escolha dos indivíduos o diâmetro a altura do peito mínimo de 10 cm, bem como a tipologia de solo sob a qual a árvore estava inserida (solo mineral ou solo orgânico). Para tanto, foram selecionados 10 indivíduos adultos representativos de cada espécie, em cada área amostral (sítio), totalizando um universo amostral de 40 árvores.

De cada indivíduo foram coletados inicialmente dados referentes à sua biometria, como o diâmetro à altura do peito, altura total, altura de fuste, diâmetros de copa, bem como as condições ambientais de crescimento referentes à área ocupada pela árvore, como a declividade da vertente, profundidade de solo e a orientação por bússola da inclinação da árvore. Em cada amostra foi tomado um ponto GPS, para o georreferenciamento da árvore selecionada, fornecendo as informações de latitude, longitude e altitude, com precisão média de 3 m (planimétrica) e 5 m (altimétrica).

Para cada árvore selecionada foram coletados quatro raios diametralmente opostos, com uso de dois trados de incremento *Pressler* (10" e 18" de comprimento – 5 mm de diâmetro), visando, sempre que possível, atingir a medula e obter a totalidade da série temporal radial no sentido câmbio – medula (GRISSINO-MAYER, 2003). Adotou-se também o critério de realizar as coletas o mais próximo possível da base do tronco, ao nível do solo, de forma a determinar mais acuradamente a idade dos indivíduos.

4.4 PREPARO DAS AMOSTRAS DE MADEIRA

As amostras foram acondicionadas em tubos plásticos, identificando-as em campo para facilitar o controle das amostras em laboratório.

Em laboratório, as amostras foram secas em temperatura ambiente, e coladas sobre suportes de madeira, para posteriormente serem polidas, com lixas de diferentes granulometrias (de 80 a 600 grãos/cm²), a fim de evidenciar macroscopicamente os anéis de crescimento (WORBES, 1995). A demarcação dos limites dos anéis de crescimento foi realizada com auxílio de uma lupa estereoscópica Leica S8AP0, acoplada a um conjunto óptico com iluminação Leica modelo CLS 150 X (FIGURA 9).

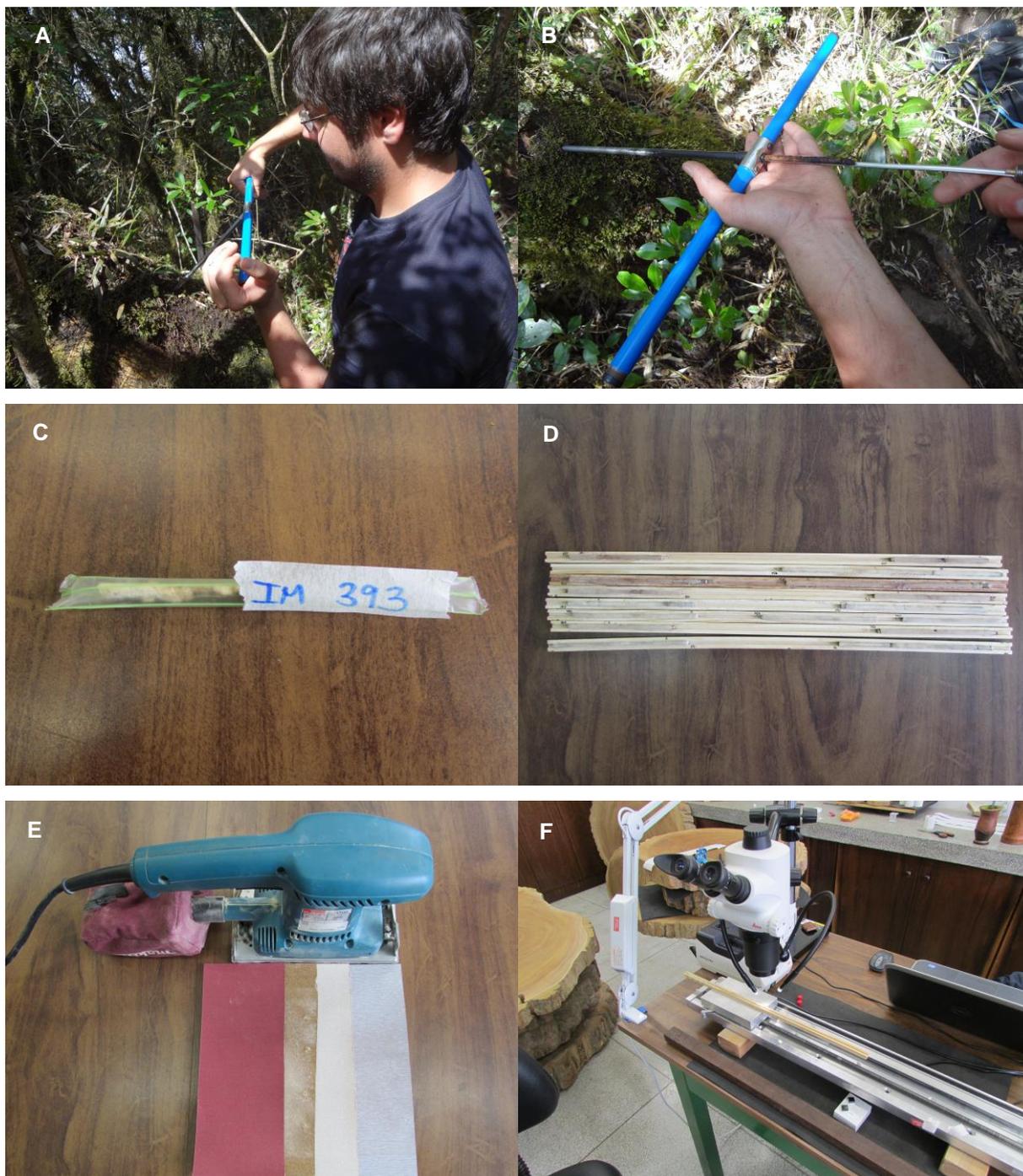


FIGURA 9. Protocolos de campo e de laboratório, para diferentes fases da coleta das amostras e preparo das amostras. (A): coleta da amostra de madeira em indivíduo de *I. microdonta*, no sítio Anhangava; (B): extração da amostra com uso do trado de Pressler; (C): acondicionamento em tubo plástico, com identificação; (D): colagem e preparação das amostras para polimento; (E): lixas de diferentes granulometrias; (F): demarcação dos anéis em lupa estereoscópica Leica S8APO.

Após a demarcação destes anéis de crescimento, as amostras passaram por um processo de digitalização em *scanner* HP Scanjet G4050, com resolução de imagem em 1200 *dpi*. As imagens das amostras de madeira digitalizadas geradas foram então trabalhadas por meio de *software* de imagens, a fim de garantir uma melhor visualização dos anéis. A medição da largura dos anéis de crescimento foi realizada por meio do *software* ImagePro Plus, permitindo, através de uma calibração inicial, a medição precisa da largura dos anéis em escalas micrométricas. Os dados gerados foram repassados às planilhas digitais de cálculo.

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Com o intuito de verificar o grau de precisão da datação, presença de falsos anéis, flutuações intra-anuais e anéis ausentes, as séries temporais foram comparadas dentro e entre árvores (LONGHI-SANTOS, 2013). O controle e sincronização dos dados de largura dos anéis de crescimento foram realizadas com o auxílio do *software* COFECHA (HOLMES, 1983) e, eventualmente, pela análise gráfica dos incrementos correntes de cada série. Este programa correlaciona as séries cronológicas a partir da sobreposição de segmentos com uma média construída de todas as séries temporais radiais (GRISSINO-MAYER, 2001), verificando estatisticamente esta relação, o que serve como critério de controle das medições para cada amostra analisada.

O comprimento do segmento a ser examinado na sincronização deve permitir que a sobreposição das séries ocorra, ao menos, duas vezes (GRISSINO-MAYER, 2001) e, quanto menor a janela, maior será o ponto crítico de intercorrelação exigido. Visando a construção de uma cronologia, foi empregado o *software* ARSTAN (COOK; HOLMES, 1984), o qual remove as tendências de crescimento biológico - não dependentes de sinais climáticos -, transformando os incrementos correntes em índices (FRITTS, 1976), que, em geral, não têm uma tendência linear.

As tendências de crescimento relacionadas aos sinais não climáticos foram removidas, de acordo com Cook e Kairiukstis (1990), por meio da padronização das séries temporais através do ajuste dos dados dos anéis de crescimento com uma

função exponencial negativa, seguida da aplicação de uma função *spline* cúbica, com porcentagem de longitude de série de 67%.

4.6 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Para verificar as relações entre os dados de crescimento (largura dos anéis de crescimento – incremento médio anual), foram realizadas análises estatísticas para a comparação de médias no ambiente R version 3.0.3 (R Core Team, 2014), em que foram utilizados os pacotes *MASS*, *doBy* e *multcomp*. Todas as comparações foram ajustadas a um modelo linear, sendo logo após analisadas a normalidade e a homocedasticidade dos resíduos. Nos casos em que os dados não apresentavam os pressupostos de homocedaticidade ou normalidade foram transformados pela função Box-Cox (BOX; COX, 1964). As médias foram ajustadas pelo método de mínimos quadrados e comparadas par a par por meio de contraste de Tukey, onde os p-valores foram ajustados por meio de *single-step*.

Além disso, buscando entender a relação que a altitude tem com os índices de crescimento, por sítio e por espécie, foi realizada uma análise de coordenadas principais (PCoA), com o uso do algoritmo de Sorensen para cálculo da distância de ordenação, por meio do *software* PCOrd 6.0.

4.7 DADOS CLIMÁTICOS

Os dados meteorológicos foram obtidos junto aos institutos oficiais de meteorologia do estado do Paraná (SIMEPAR e IAPAR). Foram coletados os dados de temperatura máxima, média e mínima, e de precipitação, de uma série histórica de 1970 até a presente data, da estação meteorológica mais próxima possível das duas áreas de estudo, no município de Pinhais. A estação dista do Pico Caratuva aproximadamente 35 km, e do Morro Anhangava, 12 km.

Como a estação está localizada a uma altitude de 930 m s.n.m. (IAPAR, 2014), foi necessário um ajuste dos dados de temperatura, em função da altitude. Diversos

autores sugerem o decréscimo de 0,5 a 0,6 °C a cada 100 m de altitude, para a latitude do Paraná (RODERJAN; GROSKI, 1999; SAVI, 2008; BLUM *et al.*, 2011; MAACK, 2012). Neste estudo foi utilizado o valor de 0,56 °C, conforme análises de Roderjan e Grodski (1999).

Assim, foi calculada a altitude média de coleta das amostras em cada uma das montanhas, sendo o Pico Caratuva com 1750 m s.n.m., e o Morro Anhangava com 1405 m s.n.m., resultando num decréscimo de 4,6°C para o Pico Caratuva, e 2,6°C para o Morro Anhangava.

Visando realizar uma calibração desses dados obtidos junto às análises de Roderjan e Grodski (1999), que realizaram um acompanhamento meteorológico no Morro Anhangava durante 12 meses, foi realizada uma análise de correlação simples, que apontou uma correlação de $r=0,93$ entre os dados (FIGURA 10). Esses valores reforçam e permitem a utilização dos dados previamente coletados, tanto do IAPAR quanto do SIMEPAR.

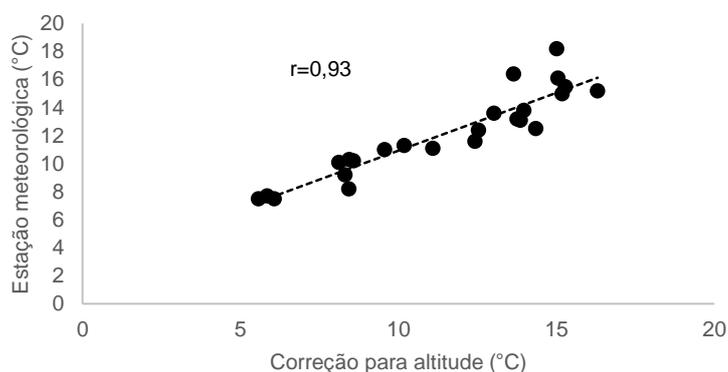


FIGURA 10. Correlação entre os dados da estação meteorológica de Pinhais, e a correção realizada em função da altitude.

Mesmo que não represente a real condição de precipitação nas altitudes da Serra do Mar, seja ela vertical (precipitação) ou horizontal (aporte de umidade das nuvens), a variável foi também testada para a correlação com os dados de crescimento, a fim de encontrar possíveis relações com os regimes hídricos da região.

Procurando entender a relação dos fatores climáticos em altitude, foi realizada uma análise de correlação entre os dados de temperatura e as séries de índices de larguras de crescimento, para o ano corrente. Partindo do pressuposto que o crescimento pode ser resposta de fatores climáticos pretéritos, também foi realizada

a análise de correlação referente ao ano anterior. Em ambos os casos, as análises foram testadas via *software* Microsoft Office Excel 2013.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESCRIÇÃO MACROSCÓPICA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

5.1.1 *Ilex microdonta* Reissek (Aquifoliaceae)

Os anéis de crescimento de *Ilex microdonta* apresentam porosidade difusa, sem uma distinção bem definida das porções de lenhos inicial e tardio, mas com os limites dos anéis visíveis, evidenciados por um maior espessamento e achatamento radial das paredes das fibras. A dilatação tangencial dos raios mais largos foi uma característica relativamente frequente (FIGURA 11), visível sob a lupa estereoscópica, coincidindo, muitas vezes, com o maior espessamento das paredes das fibras próximo ao limite dos anéis de crescimento. Em vários casos foi perceptível um “alinhamento” tangencial dos poros nos limites dos anéis (FIGURA 12), o que facilitou a sua demarcação.

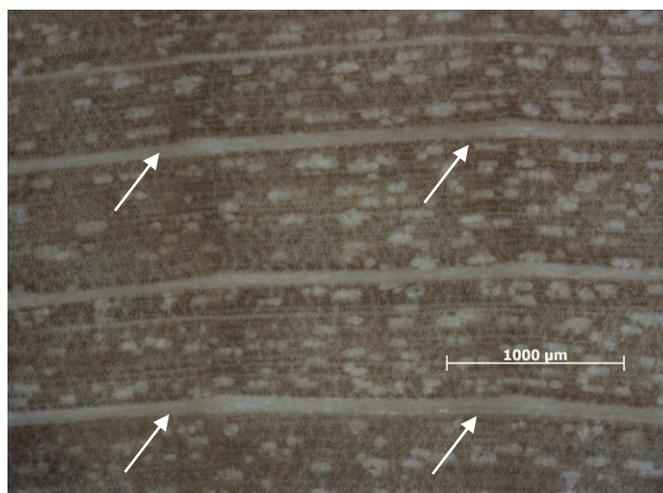


FIGURA 11. Delimitação dos anéis de crescimento de *Ilex microdonta* evidenciada pela dilatação tangencial dos raios mais largos associada ao maior espessamento das paredes das fibras (setas).

Os resultados encontrados para *I. microdonta* são similares aos citados por Oliveira (2014), que caracteriza os anéis de crescimento da espécie como distintos a

pouco distintos, com sua delimitação pelo espessamento das paredes das fibras. Os resultados também condizem com os avaliados por Bass (1973), em Aquifoliaceae. De maneira geral, o autor cita que os limites dos anéis de crescimento da família são distintos, demarcados por uma estreita zona de fibras com maior espessamento e achatamento radial de suas paredes celulares, formando uma faixa de 2 a 3 células de largura, com a presença de numerosos vasos estreitos. Ainda, cita que espécies de clima tropical podem apresentar falsos anéis, até mesmo a própria ausência destes, e associa essa demarcação dos anéis aos períodos sazonais de variações climáticas.

Ao realizar a descrição anatômica de *Ilex aquifolium* L., Schoch *et al.* (2004) apontam a presença de porosidade difusa, com poros múltiplos em arranjos radiais, com parênquima axial apotraqueal difuso e difuso em agregados. Mesmo que se tratando de uma espécie diferente, os atributos anatômicos encontrados pelo autor são semelhantes aos desta pesquisa, visto que ao menos se trata do mesmo gênero.

Algumas características consideradas “atípicas” em relação ao padrão anatômico destes anéis de crescimento puderam ser percebidas quando em análise macroscópica. Constatou-se a ocorrência frequente de anéis de crescimento estreitos, muito em função das condições pedoclimáticas extremas dos ambientes altomontanos (COSMO, 2012), além de anéis descontínuos, sendo alguns inconspícuos, bem como a presença de flutuações de densidade intra-anel (FIGURA 12).

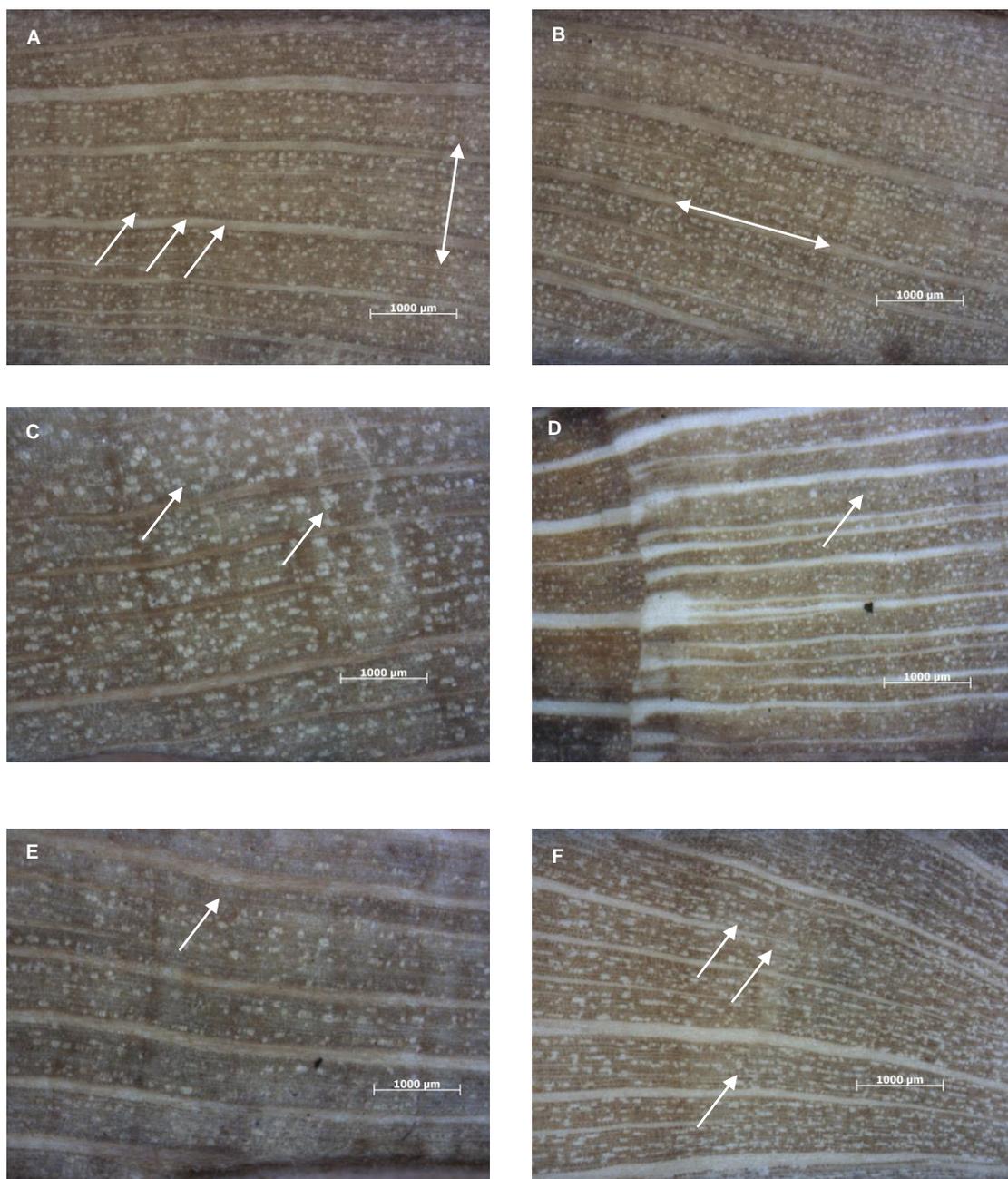


FIGURA 12. Características anatômicas dos anéis de crescimento de *Ilex microdonta*, incluindo algumas consideradas “atípicas”. (A): série de anéis distintos, e alinhamento tangencial dos poros no limite do anel; (B): série de anéis estreitos; (C): anéis descontínuos; (D): anéis inconspícuos – pós traumático; (E): flutuação de densidade intra-anel; (F): anéis em cunha (setas).

5.1.2 *Drimys brasiliensis* Miers (Winteraceae)

Os anéis de crescimento de *Drimys brasiliensis* foram caracterizados pela presença de traqueídes axiais, e pela formação dos lenhos inicial e tardios bem definidos. A presença de traqueídes ao invés de fibras, e a ausência de elementos de vaso denota a sua principal característica – traços de uma espécie de Angiosperma primitiva (GOTTSBERGER *et al.*, 1980; WATSON; DALLWITZ, 1992) –. O limite do anel se dá pelo maior espessamento e achatamento radial das paredes dos traqueídes axiais, numa pequena faixa de células, visível ao estereomicroscópio. A extensão de lenho tardio em comparação ao lenho inicial, dentro de um mesmo anel de crescimento, é típico em Winteraceae, principalmente devido ao crescimento sob baixas temperaturas (CARLQUIST, 1988).

No entanto, o autor cita que muitas vezes os anéis de crescimento apresentam traqueídes axiais deformados (*e.g.*: desarranjo estrutural) decorrentes de injúrias cambiais resultantes de alterações térmicas (principalmente por baixas temperaturas) sofridas pelo câmbio vascular, o que foi possível de identificar em algumas das amostras.

As amostras coletadas também apresentaram anéis de crescimento com características anatômicas consideradas “atípicas”, como flutuações de densidade intra-anel, anéis em cunha e anéis convexos em relação à superfície transversal (FIGURA 13).

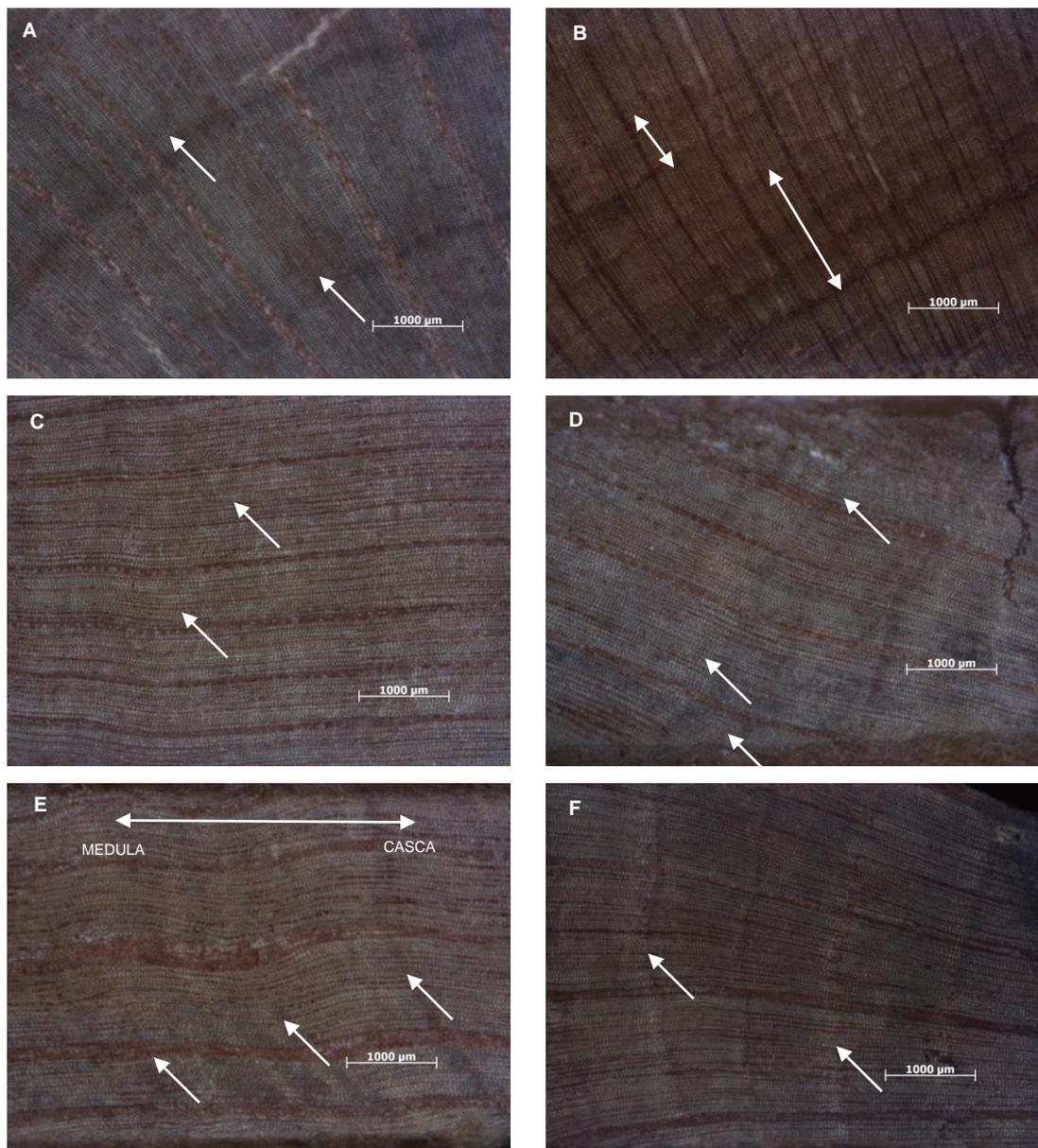


FIGURA 13. Características anatômicas dos anéis de crescimento de *Drimys brasiliensis*, incluindo algumas consideradas “atípicas”. (A): série de anéis distintos; (B): série de anéis estreitos; (C): flutuação de densidade; (D): anel em cunha; (E): anéis convexos em relação ao plano transversal; (F): desarranjo estrutural no anel entre lenho inicial e tardio (setas).

5.2 BIOMETRIA E ESTRUTURA ETÁRIA

5.2.1 *Ilex microdonta*

As informações biométricas dos 10 indivíduos amostrados no sítio Caratuva são apresentadas na TABELA 1. O diâmetro médio à altura do peito foi de 15,6 cm, com altura total média de 4,8 m. Todas as coletas foram realizadas na vertente noroeste da montanha, com declividade média de 67 %, variando de 52 a 85 %, entre as altitudes de 1630 e 1800 m s.n.m.

No sítio Anhangava, os 10 indivíduos amostrados obtiveram um diâmetro médio de 16,1 cm, com altura total média de 5,4 m. As coletas foram realizadas na vertente sul da montanha, com declividade média de 34,7 %, variando de 13 % a 60 %, entre as altitudes de 1360 e 1425m s.n.m (TABELA 1).

TABELA 1. Informações geográficas, topográficas e biométricas dos indivíduos amostrados de *Ilex microdonta* em ambos os sítios.

Sítio	Nº	DAP (cm)	HT (m)	Idade (anos)	Incremento Médio (mm/ano)	Declividade (%)	Profundidade de Solo (cm)	Altitude (m)
Anhangava	1	12,2	5,2	96	0,72	20	30	1418,3
	2	20,7	7,0	120	1,25	35	50	1419,5
	3	16,0	7,0	129	1,07	15	10	1422,1
	4	20,4	5,0	84	0,96	13	20	1422,7
	5	14,3	4,0	92	0,91	45	5	1423,1
	6	13,0	4,5	79	0,79	42	5	1424,3
	7	11,8	4,0	71	0,60	49	5	1425,3
	8	21,2	5,5	156	0,96	60	10	1393,3
	9	15,9	6,5	129	1,22	52	10	1418,3
	10	15,9	6,0	90	1,03	16	60	1421,9
Caratuva	1	18,6	4,5	134	1,38	52	30	1790,3
	2	13,2	4,5	79	0,82	65	25	1791,0
	3	10,5	4,5	100	0,72	75	35	1793,3
	4	11,8	4,5	79	0,65	76	40	1796,6
	5	22,3	5,5	113	1,34	85	30	1747,3
	6	14,0	5,5	110	0,83	55	30	1633,9
	7	13,2	5,0	128	0,87	55	25	1631,9
	8	17,5	4,0	146	1,16	85	25	1632,7
	9	17,8	5,5	97	1,00	60	35	1633,6
	10	17,5	6,5	130	1,06	70	20	1638,7

Mesmo se tratando de dados biométricos de apenas uma espécie arbórea típica dessas comunidades, e com diâmetro mínimo (DAP>10 cm), os valores de alturas são semelhantes aos avaliados por Scheer (2010), que encontrou alturas médias de 4,8 m, ao avaliar a estrutura horizontal de quatro subserras no Paraná.

A análise de variância (ANOVA) mostrou que para as variáveis diâmetro e altura a variação dos dados não foi estatisticamente significativa. Assim, para estas variáveis, o comportamento da espécie parece não ser distinto entre os dois locais e, indiretamente, a altitude também não se apresentou como fator restritivo (TABELA 2).

TABELA 2. Teste de contraste de Tukey, entre as variáveis biométricas e ambientais de *I. microdonta*, e os sítios, para um valor de significância de 99% ($p < 0,01$).

	DAP (cm)	HT (m)	Idade (anos)	Incremento médio (mm/ano)	Declividade (%)	Profundidade de solo (cm)
Anhangava	16,15 a	5,47 a	104,6 a	0,95 a	34,7 a	20,5 a
Caratuva	15,65 a	5,00 a	111,6 a	0,98 a	67,8 b ***	29,5 a

Entretanto, as características do ambiente podem estar atuando de maneira indireta no desenvolvimento dos indivíduos. A ANOVA realizada para a variável de declividade indicou que existe uma diferença significativa ($p > 0,01$) entre os dois sítios, muito em função da própria relação com a altitude.

A variação altitudinal pode, por muitas vezes, causar efeitos na geomorfologia da vertente, tornando-a mais declivosa em função da altitude (EVANS; COX, 2005). Essa relação foi discutida por Roderjan (1994), ao avaliar a declividade em diferentes porções da vertente sul no Morro Anhangava.

Muito embora exista uma relação direta entre a declividade do terreno, e a profundidade dos solos, esta não apresentou diferenças significativas entre os dois sítios (TABELA 2).

Em relação às taxas médias de incremento, estas não diferiram significativamente entre os sítios. Muito embora o fator de altitude seja relevante para o desenvolvimento das florestas, a variação altitudinal entre os dois sítios não foi tão distinta a ponto de variar as próprias taxas de incremento médio dos indivíduos de *I. microdonta*. Para verificar diferenças expressivas nas taxas, Rapp *et al.* (2012) apontam em seu estudo, variações acima de 1000 m em altitude, o que de fato não

ocorre nesta pesquisa, em que a variação altitudinal entre os sítios não ultrapassa os 400 m.

A idade dos indivíduos variou de 79 a 146 anos no sítio Caratuva, e de 71 a 153 anos no sítio Anhangava (FIGURA 14). Talvez justificada em parte pela baixa variação diamétrica (indivíduos de mesmo porte), as idades não diferiram significativamente entre os sítios, fato este que pode ser visualizado na TABELA 2. De maneira geral, os indivíduos amostrados possuem uma idade média de 108 anos (TABELA 1), sendo esse o primeiro registro no que concerne à idade desta espécie em formações altomontanas na Serra do Mar, no estado do Paraná.

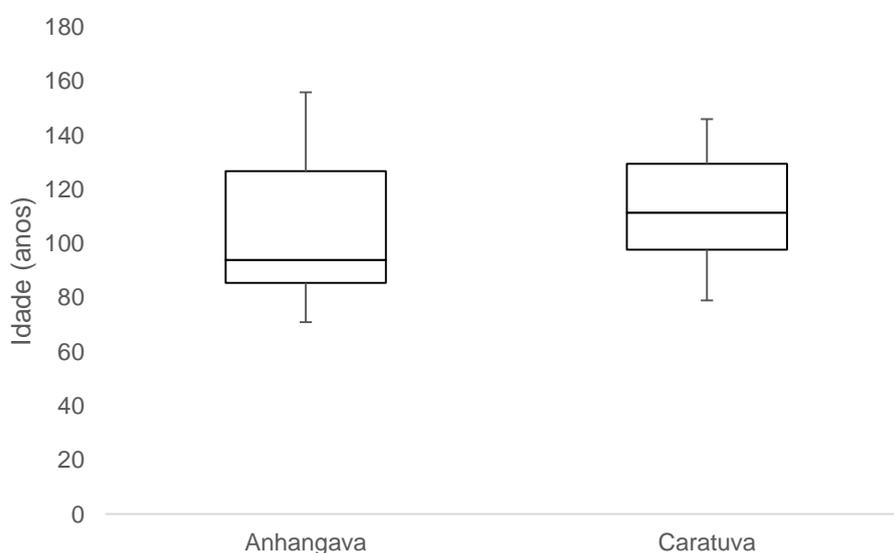


FIGURA 14. Gráfico "boxplot" das idades dos indivíduos amostrados de *Ilex microdonta*, indicando a variabilidade estatística da variável por sítio.

As idades encontradas para os indivíduos refletem a condição etária atual da floresta. Partindo do pressuposto de que a sucessão florestal é intermitente e contínua, as árvores que hoje perduram na comunidade florestal altomontana são o reflexo das condicionantes pedoclimáticas as quais estas tiveram influência ao longo de sua vida. Uma possível justificativa para não terem sido encontrados indivíduos mais antigos está no fato de que esta pode ser a longevidade natural das comunidades. Sendo uma composição de espécies de diferentes grupos ecológicos, a dinâmica natural dessas comunidades envolve processos ecológicos de entrada e sobrevivência de indivíduos mais jovens, o desenvolvimento de indivíduos adultos, e a mortalidade natural dos mais antigos (CORLETT, 1995).

5.2.2 *Drimys brasiliensis*

No sítio Caratua, o diâmetro médio à altura do peito foi de 22,9 cm, e altura total média de 5,0 m. As coletas foram realizadas na vertente noroeste da montanha, com declividade média de 84,3%, variando entre 48% e 125%, entre as altitudes de 1746 e 1797 m s.n.m.

No sítio Anhangava, o diâmetro médio à altura do peito foi de 11,6 cm, com altura total média de 4,7 m. Todos os indivíduos amostrados se encontravam na vertente sul da montanha, com declividade média de 45,4%, com variação entre 18% e 65%, entre as altitudes de 1374 e 1417 m s.n.m (TABELA 3).

TABELA 3. Informações geográficas e biométricas dos indivíduos amostrados de *Drimys brasiliensis* em ambos os sítios.

Sítio	Nº	DAP (cm)	HT (m)	Idade (anos)	Incremento Médio (mm/ano)	Declividade (%)	Profundidade de Solo (cm)	Altitude (m)
Anhangava	1	11,8	6,0	43	0,69	37	30	1416,1
	2	11,8	5,0	41	0,86	26	40	1416,9
	3	13,7	7,5	76	0,98	18	30	1417,8
	4	10,8	3,5	44	0,63	65	20	1418,3
	5	10,2	3,5	29	0,47	42	40	1384,2
	6	10,8	4,5	43	0,51	45	40	1379,2
	7	12,7	4,5	37	0,62	58	40	1374,8
	8	13,2	5,0	63	0,92	54	15	1376,7
	9	10,0	5,0	46	0,69	55	5	1368,1
	10	12,1	4,0	55	0,77	55	10	1396,4
	11	11,1	3,0	55	0,84	44	10	1423,8
Caratuva	1	27,5	4,5	134	1,90	48	40	1794,9
	2	26,3	3,5	121	1,52	90	35	1792,73
	3	28,5	5,5	-	-	72	50	1799,0
	4	17,2	4,5	117	1,85	50	35	1794,6
	5	15,9	6,0	120	1,26	94	40	1795,1
	6	28,6	6,0	107	1,14	100	45	1795,8
	7	25,0	6,0	105	1,36	78	60	1797,3
	8	22,0	3,5	122	1,01	68	30	1797,5
	9	15,9	5,0	107	1,22	125	25	1790,1
	10	22,8	6,0	102	0,99	118	25	1746,3

As variações ambientais entre os dois sítios, refletidas na declividade média e profundidade dos solos, apresentaram diferenças estatisticamente significativas, conforme TABELA 4. As vertentes existentes nas maiores elevações (Pico Caratuva) apresentaram as maiores declividades e também as maiores profundidades de solo, enquanto que – comparativamente –, as menores declividades e profundidades de solo foram observadas nas menores elevações. Ainda que contraditório, em parte pode ser justificado pela microtopografia da vertente, em que superfícies minimamente mais côncavas, ou próximas a grandes blocos de rocha podem acumular maiores quantidades de sedimentos, aprofundando os solos (GESSLER *et al.*, 2000).

TABELA 4. Teste de contraste de Tukey, entre as variáveis biométricas e ambientais de *D. brasiliensis*, e os sítios, para um valor de significância de 99% ($p < 0,01$).

	DAP (cm)	Altura Total (m)	Idade (anos)	Incremento médio (mm/ano)	Declividade (%)	Profundidade de solo (cm)
Anhangava	11,66 a	4,68 a	48 a	0,73 a	45,36 a	25,45 a
Caratuva	22,97 b ***	5,05 a	115 b ***	1,36 b ***	84,30 b *	38,5 b ***

Roderjan (1994), em área similar à deste estudo, no Morro Anhangava, estimou diâmetros médios do segmento de floresta altomontana em 8 cm, encontrando diâmetros máximos de até 31 cm. Em relação às alturas médias, estas foram estimadas em 3,5 m. Também na mesma área de estudo, Portes (2000) encontrou indivíduos que se enquadraram em classes diamétricas entre 5 e 15 cm, e com altura média de 4,6 m, os quais se assemelham aos dados obtidos nesta pesquisa.

Corroborando com a literatura, a variável de altura não teve diferenças estatisticamente significativas entre ambos os sítios. As florestas altomontanas do Estado mantêm médias de altura entre 3,5 m e 5 m, com raros exemplares atingindo valores superiores a 8 m (RODERJAN, 1994; SCHEER, 2010). Entretanto, a variável de diâmetro apresentou significância estatística entre os dois sítios. Naturalmente, a grande variação dos diâmetros dos indivíduos acabou por influenciar a expressão das idades observadas, que também apresentaram diferenças significativas (FIGURA 15).

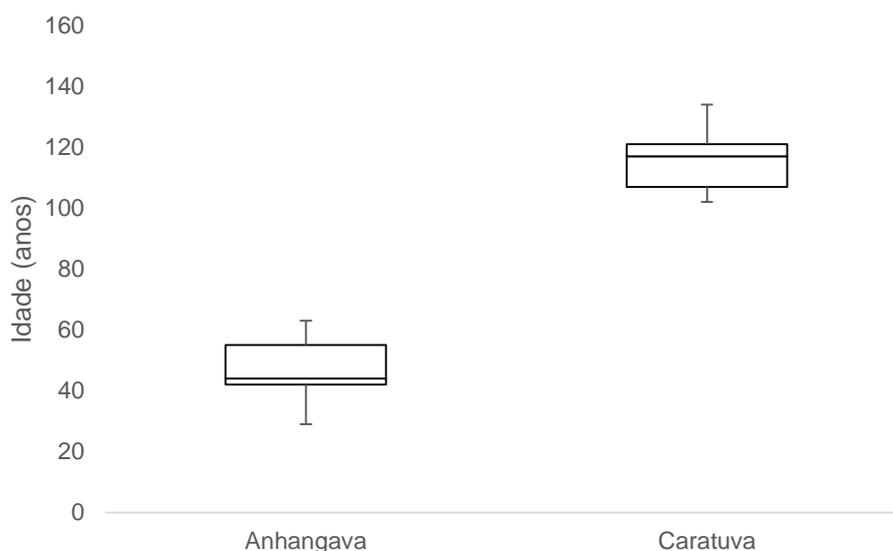


FIGURA 15. Gráfico “boxplot” das idades dos indivíduos amostrados de *Drimys brasiliensis*, indicando a variabilidade estatística da variável por sítio.

Em relação à estrutura etária da população amostral (TABELA 3), a idade dos indivíduos no Pico Caratua variou de 102 a 134 anos, enquanto que no Morro Anhangava, a variação foi de 29 até 76 anos. A idade média para a espécie, considerando a variação entre sítios, foi de 78 anos.

Diferentemente de *I. microdonta*, as taxas de crescimento de *D. brasiliensis* apresentaram diferenças estatisticamente significativas. O incremento médio anual, comparativamente, foi menor no sítio Anhangava do que no sítio Caratua, que pode em parte ser justificada pela variação entre as idades dos indivíduos (KOZLOWSKI, 1962; FRITTS, 1976)

A grande variação das idades entre os dois sítios leva em conta diversos fatores. Algumas possíveis justificativas para essas diferenças dizem respeito aos processos ocupacionais sob as quais as florestas sofreram interferência. A provável ocorrência de incêndios em épocas pretéritas no Morro do Anhangava, não registradas neste estudo, pode ser um fator que interfira na estrutura populacional de *Drimys brasiliensis*. Ainda que ocorrente no ano de 2007, no Pico Caratua, o incêndio que atingiu a região não afetou diretamente a população de *D. brasiliensis*, o que permitiu que as árvores pudessem expressar idades mais avançadas.

5.3 DENDROCRONOLOGIA

A partir de um total de 80 séries temporais radiais (baguetas de madeira) provenientes dos 20 indivíduos de *I. microdonta* amostrados (40 séries / 10 indivíduos por área de estudo), foi realizada a verificação gráfica e o correto controle da demarcação dos limites dos anéis de crescimento. Desse total, na confecção da cronologia e da sincronia entre as séries, foram utilizadas 49 séries, oriundas de 18 árvores. A sincronia de todas as séries temporais foi realizada para cada sítio, separadamente, e os resultados correspondentes são apresentados na TABELA 5.

TABELA 5. Resultados da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento do lenho das árvores de *Ilex microdonta*, nos sítios Anhangava e Caratuva.

CRONOLOGIAS		
Sítio	Anhangava	Caratuva
Número de árvores	9 (10)	9 (10)
Número de séries	23 (40)	26 (40)
Anos (Período considerado)	153 (1861-2013)	128 (1886-2013)
Número de anéis analisados	1469	1963
Intercorrelação das séries	0,312	0,303
Correlação crítica (Janela)	0,4226 (30/15)	0,3665 (40/20)
Média de sensibilidade	0,344	0,325
Comprimento médio das séries (anos)	63,9 (\pm 23)	75,5 (\pm 27,3)

Conforme visualizado na TABELA 5, para o sítio Caratuva, a sincronia dos raios amostrados gerou uma série temporal média de 128 anos (1886-2013), e para o sítio Anhangava, uma série média de 153 anos (1861-2013).

De um total de 80 séries temporais provenientes dos 20 indivíduos de *Drimys brasiliensis* amostrados, também foi realizada a verificação gráfica e controle da demarcação dos anéis de crescimento, em cada amostra. Dessa maneira, para a composição da cronologia, foram utilizadas 49 séries, representando 19 árvores nos dois sítios de coleta, conforme TABELA 6.

TABELA 6. Resultados da sincronização entre as séries cronológicas dos anéis de crescimento do lenho das árvores de *Drimys brasiliensis*, nos sítios Anhangava e Caratuva.

CRONOLOGIAS		
Sítio	Anhangava	Caratuva
Número de árvores	10 (10)	9 (10)
Número de séries	28 (40)	27 (40)
Anos (Período considerado)	78 (1936-2013)	130 (1884-2013)
Número de anéis	1013	2011
Intercorrelação	0,373	0,307
Nível crítico (Janela)	0,5155 (20/10)	0,3665 (40/20)
Média de sensibilidade	0,407	0,378
Comprimento médio das séries (anos)	36,2 ($\pm 13,8$)	74,5(± 16)

Conforme visualizado na Tabela 6, para o sítio Caratuva a sincronia dos raios amostrados gerou uma série temporal de 130 anos (1884-2013), e para o sítio Anhangava, uma série de 78 anos (1936-2013).

Em ambas as espécies os valores de intercorrelação obtidos não atingiram os níveis críticos estabelecidos pelo programa COFECHA. Apesar da frequente distinção dos limites dos anéis de crescimento, vale ressaltar a existência de algumas dificuldades de observação macroscópica decorrentes da presença ocasional de anéis de crescimento inconspícuos, de falsos anéis e/ou descontínuos, bem como de flutuações de densidade intra-anuais (WORBES 2002; DÉTIENNE, 1989), podendo comprometer, em parte, a análise e, conseqüentemente, uma perda na sincronização das séries temporais.

Acrescido a isso, as condições de crescimento dos indivíduos, em ambos os sítios, no que diz respeito à declividade do terreno e, conseqüentemente, à inclinação das árvores são fatores importantes que, muito provavelmente, influenciaram na demarcação e contagem destes anéis de crescimento. Assim como observado para *Ilex microdonta*, os indivíduos de *Drimys brasiliensis* também encontravam-se inclinados em relação à vertente, resultando na excentricidade do crescimento, em grande parte das amostras. Desenvolvendo-se em declividade e sob o efeito de esforços externos contínuos, esses indivíduos tenderiam a formar tipos especiais de lenho – genericamente denominado de lenho de reação –, visando compensar o esforço imposto (BURGER; RICHTER, 1991; KOLLMANN; CÔTÉ, 1968).

Ainda que não tenha sido atingido o nível crítico exigido, foi estabelecida uma cronologia para *I. microdonta* (FIGURA 166 a FIGURA 18) e para *D. brasiliensis* (FIGURA 19 a FIGURA 21), em cada sítio.

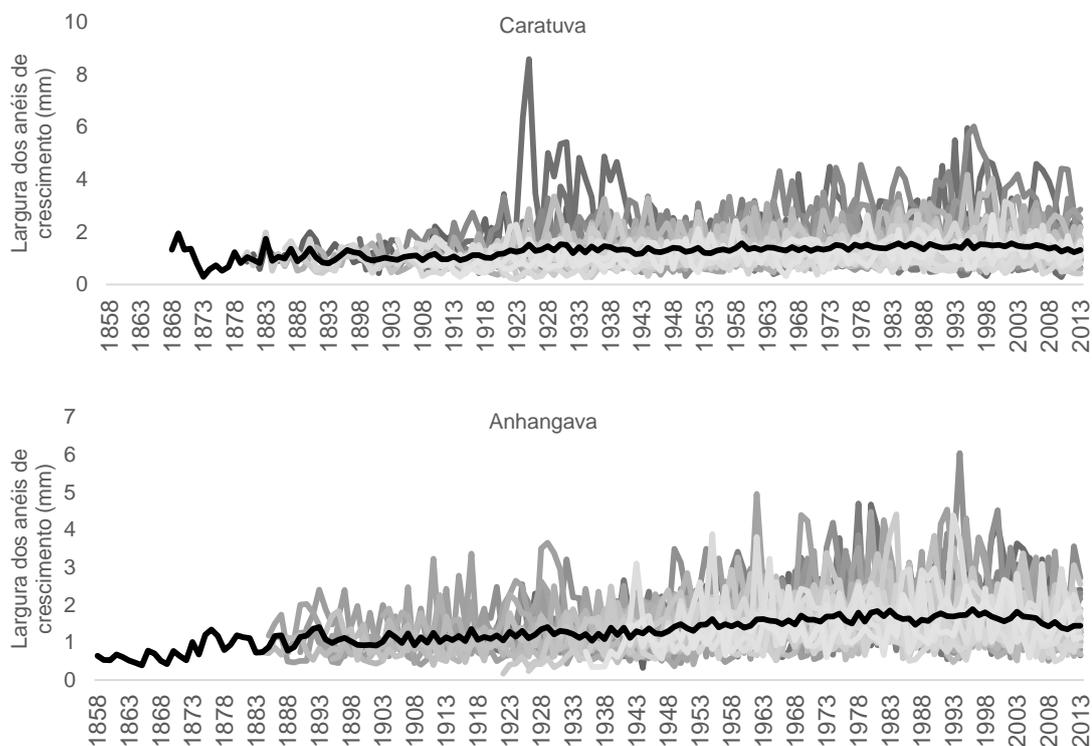


FIGURA 16. Séries temporais radiais avaliadas de *Ilex microdonta*, no sítio Caratua e no sítio Anhangava. A série em preto representa a largura média dos anéis de crescimento.

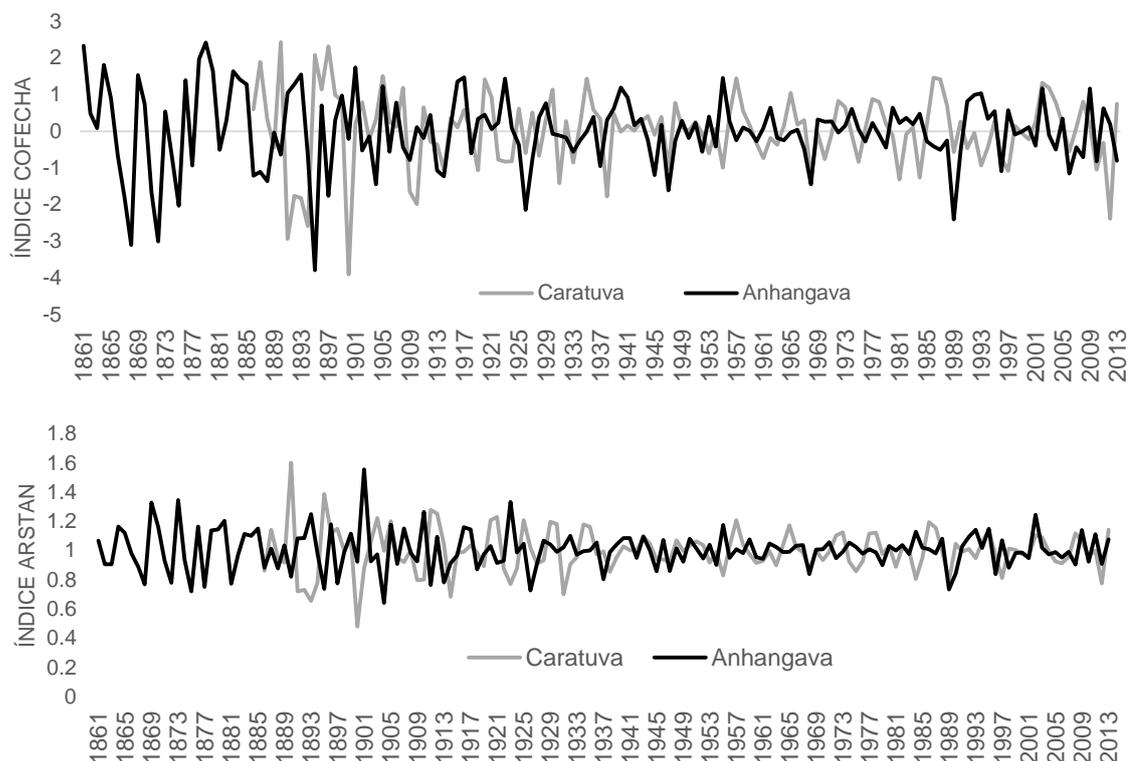


FIGURA 17. Índices de crescimento de *Ilex microdonta* gerados pelo software COFECHA acima, e cronologia estabelecida abaixo pelo software Arstan, abaixo, para o sítio Caratuva, e para o sítio Anhangava.

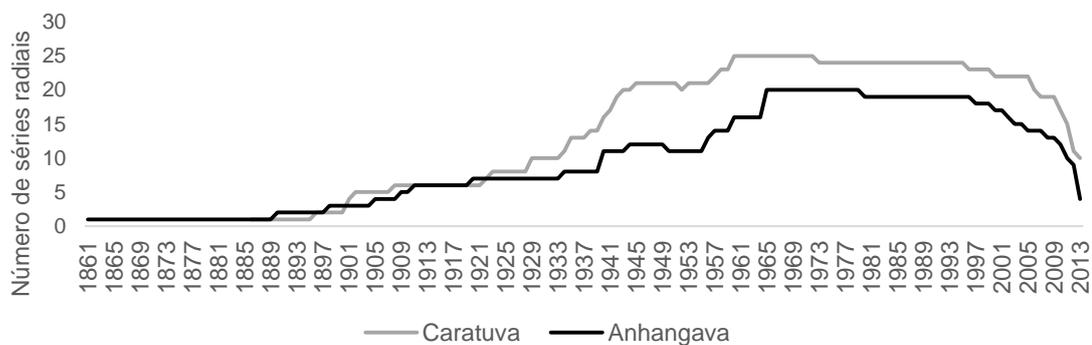


FIGURA 18. Número de séries radiais de *I. microdonta* utilizadas para a construção das cronologias, para o sítio Caratuva e para o sítio Anhangava.

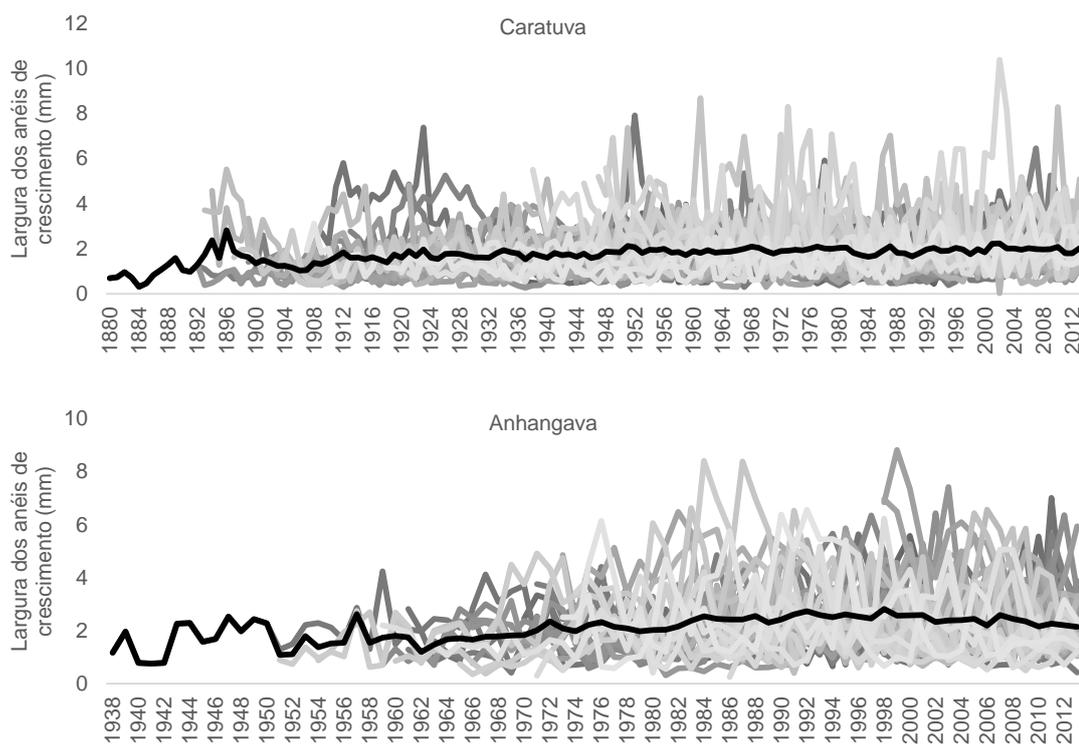


FIGURA 19. Séries temporais radiais avaliadas de *Drimys brasiliensis*, no sítio Caratua e no sítio Anhangava. A série em preto representa a largura média dos anéis de crescimento.

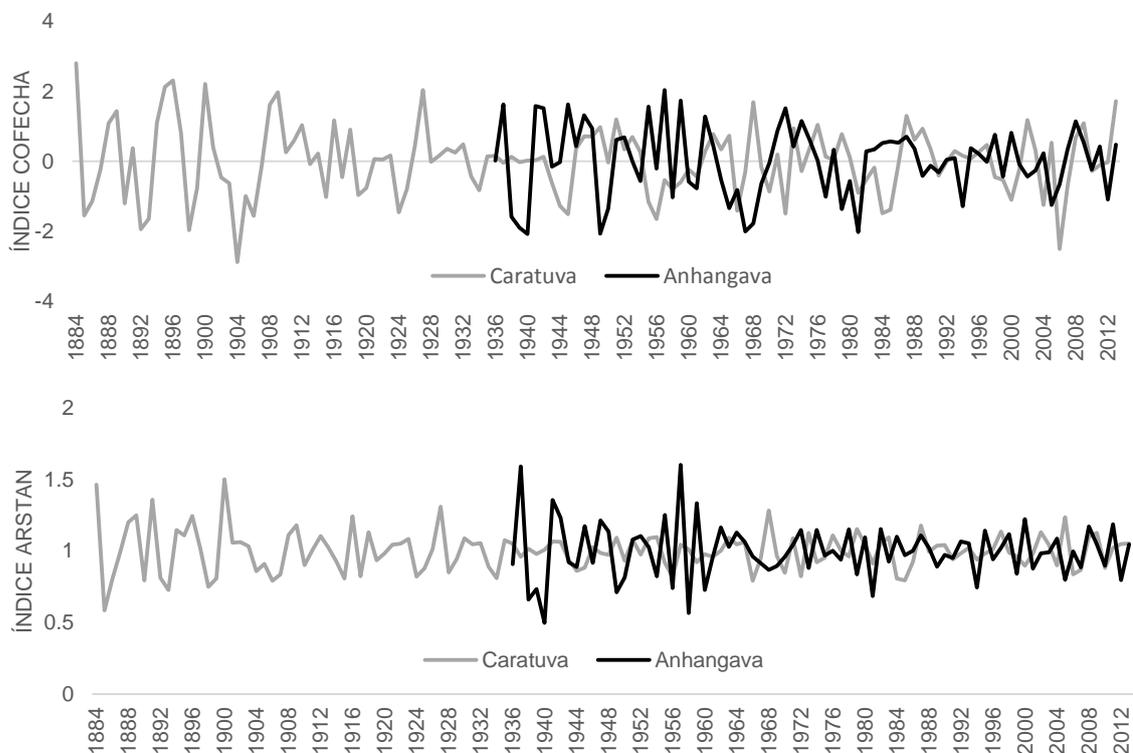


FIGURA 20. Índices de crescimento de *Drimys brasiliensis* gerados pelo software COFECHA acima, e cronologia estabelecida abaixo pelo software Arstan, abaixo, para o sítio Caratua, e para o sítio Anhangava.

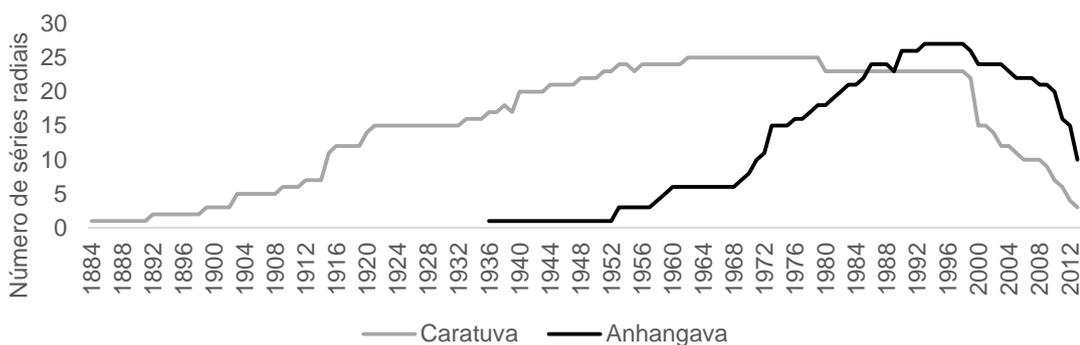


FIGURA 21. Número de séries radiais de *D. brasiliensis* utilizadas para a construção das cronologias, para o sítio Caratuva e para o sítio Anhangava.

Ainda que afirmada por Coomes e Allen (2007) como fator restritivo ao crescimento de espécies vegetais, a altitude não se mostrou estatisticamente significativa para a variação dos índices das larguras dos anéis, talvez justificada em parte pela pouca variação altitudinal entre os dois sítios. A análise de coordenadas principais (FIGURA 22) mostrou que o primeiro e o segundo eixos de ordenação respondem a 67% da variação dos dados, independentemente da espécie, tendo a altitude como variável ambiental melhor correlacionada com o primeiro eixo, dentre os demais fatores ambientais avaliados ($r^2 = 0,318$).

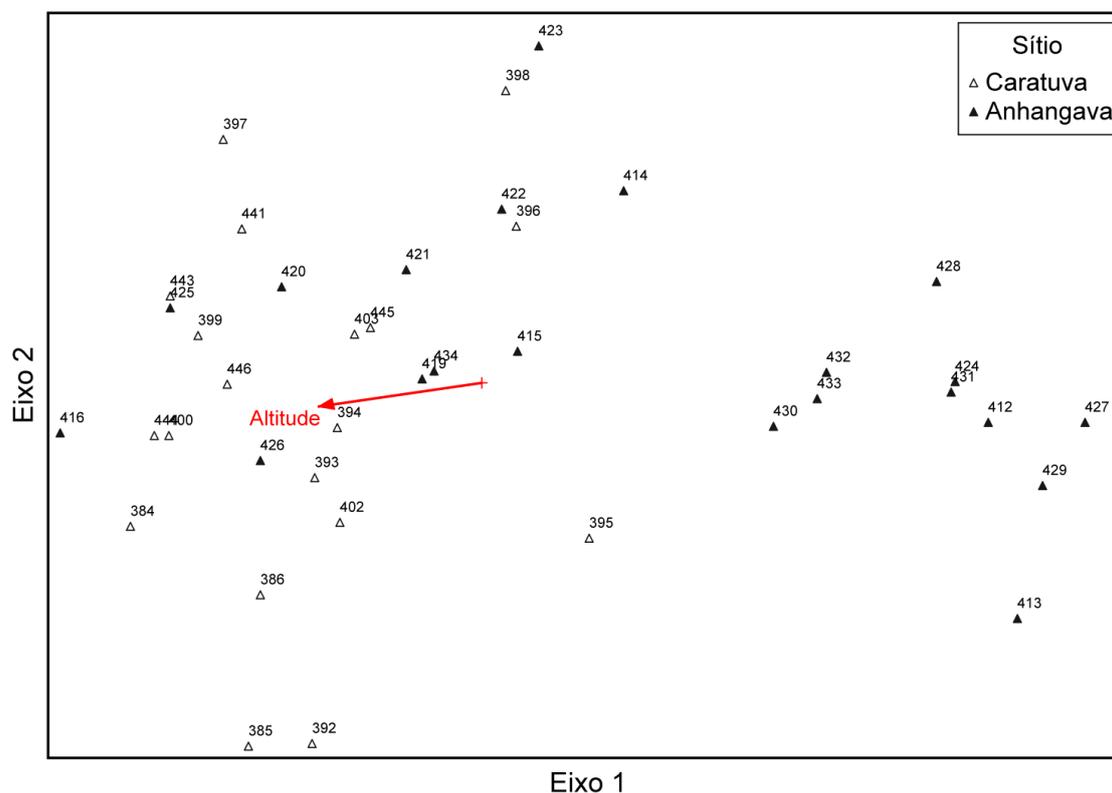


FIGURA 22. Diagrama da análise de coordenadas principais, mostrando a relação do crescimento das duas espécies com a altitude (seta em vermelho).

De acordo com a FIGURA 22, ainda que não significativa, a altitude teve influência sobre o crescimento principalmente dos indivíduos amostrados do sítio Caratuva, bem como sobre os indivíduos de *I. microdonta* do sítio Anhangava. Dessa maneira, pode-se perceber que altitudes elevadas – no caso próximas a 1800 m sn.n.m. – restringiriam o crescimento das árvores, não sendo, no entanto, a única variável ambiental determinante.

Os processos fisiológicos que regulam o crescimento, em determinados períodos do ano ficam reduzidos - quando não inativos -, e normalmente estão associados aos ritmos climáticos das estações. A sazonalidade climática, tanto de temperaturas como de regimes de precipitação, é mais acentuada em locais de maiores altitudes (FRITTS, 1976). Tenca e Carrer (2009) apontam que, à medida que a altitude se eleva (ou diminui), os padrões de crescimento são alterados, e isso se reflete diretamente na cronologia, e por consequência, na média de sensibilidade gerada.

A exemplo dos resultados obtidos para ambas as espécies, a média de sensibilidade nos dois sítios foi superior a 0,3, valor este considerado significativo para

Grissino-Mayer (2001), o que indica que a variabilidade do crescimento pode estar ligada à sensibilidade climática (LONGHI-SANTOS, 2013; FRITTS, 1976). Valores abaixo de 0,2 indicam que as cronologias são complacentes, demonstrando pouca variabilidade atrelada ao clima (LAXSON, 2011).

Timmis e Popa (2011) ao avaliarem o crescimento de duas espécies na Romênia, em altitudes entre 1200m e 1600m, encontraram valores de média de sensibilidade entre 0,18 e 0,25. Os mesmos enfatizam que a altitude é um fator restritivo, uma vez que as larguras dos anéis de crescimento tende a diminuir ao passo que a altitude se eleva. Ainda que com uma variação altitudinal, as cronologias geradas mostram que a tendência de crescimento é similar, e atrelam a isso a variabilidade climática.

Barichivich *et al.* (2009) encontraram valores de média de sensibilidade acima de 0,7, ao trabalharem com espécies da região semi-árida no centro-norte do Chile. Os autores encontraram uma relação direta com o regime de precipitação, visto que a área é afetada diretamente pelas variações climáticas do El Niño. Não foram encontradas correlações significativas com temperaturas, o que é esperado para regiões secas, com déficit hídrico substancialmente significativo.

Além de variáveis climáticas, outros fatores podem afetar os padrões de crescimento das árvores, bem como os balanços hídricos e de energia de um local e/ou região. Agentes topográficos, geológicos e geomorfológicos, como as elevações e fatores orográficos, alteram significativamente esses balanços, tendo influência até mesmo na quantidade de radiação solar que atinge uma floresta (BARRY; SEIMON, 2000). O microclima torna-se extremamente variável devido a essa descontinuidade climática e fisiológica experimentada pelas florestas (FRITTS, 1976). Ventos contínuos e fortes, teores de umidade próximos a 90% (RODERJAN, 1994), grande amplitude térmica, são fatores que diretamente afetam o crescimento das espécies. A exposição da vertente pode ser um fator secundário, mas que também pode alterar os padrões de crescimento (KIRCHHEFER, 2000).

Os solos têm, também, um papel preponderante na estruturação das florestas sobre as montanhas, especialmente nas florestas tropicais de altitude. Esses solos possuem elevados teores de matéria orgânica, que facilitam a imobilização de carbono, e regulam os fluxos hídricos das cabeceiras de drenagem (SCHEER *et al.*, 2013). As características físico-químicas tendem a favorecer o crescimento, uma vez que a manutenção de água é constante no sistema, bem como a quantidade de

nutrientes gerada pela própria ciclagem dos ecossistemas (SHEPPARD *et al.*, 2001). Scharnweber *et al.* (2013) apontam que a disponibilidade de água nos ecossistemas pode ser um fator determinante sobre o crescimento das árvores, e que isso está muito atrelado às características dos solos (*e.g.*: profundidade, hidromorfia, entre outros).

Não menos importante, a competição intraespecífica também afeta significativamente o crescimento, uma vez que as espécies estão substancialmente competindo pelos recursos disponíveis no ecossistema. Diferentes grupos ecológicos requerem quantidades variáveis de recursos, e a própria idade dos indivíduos afeta esse consumo. Taxas de ingresso e mortalidade variando constantemente, agregando e retirando nutrientes do sistema, a abertura de clareiras, todos são fatores que fazem o crescimento ser desigual ao longo da vida de uma árvore.

Uma vez que todos esses fatores podem influenciar o crescimento das árvores, é sensato crer que o mesmo local detém as mesmas características ambientais para todas as espécies ocorrentes. Assim, a FIGURA 23 mostra que as cronologias tanto de *Ilex microdonta* como *Drimys brasiliensis* podem apresentar diversos períodos de crescimento em comum, tanto positivos quanto negativos, mostrando que os fatores ambientais têm influência sobre o crescimento das espécies.

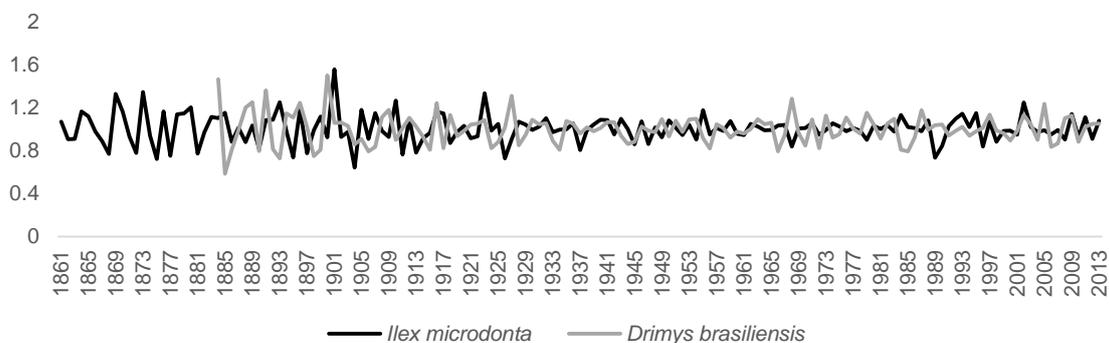


FIGURA 23. Cronologias geradas de ambas as espécies para um trecho de FOD Altomontana, no Pico Caratuva, Campina Grande do Sul, PR.

5.4 DADOS CLIMÁTICOS (TEMPERATURA E PRECIPITAÇÃO) vs. CRESCIMENTO

Dentre as variáveis climáticas que têm efeito sobre o crescimento, temperatura e precipitação preponderam (SCHWEINGRUBER, 1996). Durante os períodos de verão, maiores são as temperaturas e taxas de precipitação (LONGHI-SANTOS, 2013), para a região subtropical brasileira. A temperatura do câmbio pode ser um fator limitante que controla a respiração e os processos de assimilação. Os principais efeitos da temperatura no crescimento radial são mais observados no início da estação de crescimento (FRITTS, 1976).

Nas altitudes elevadas, onde a estação de crescimento é relativamente curta, o crescimento radial pode ser afetado pelas baixas temperaturas a qualquer momento, influenciando a atividade cambial. Nesse quesito, a face de exposição pode influenciar significativamente, uma vez que a quantidade de radiação solar recebida pela floresta é maior nas vertentes voltadas ao norte do que as voltadas ao sul (FRITTS, 1976). Assim, essa variável climática acaba por ter efeito direto sobre a própria ecologia do ambiente.

O aporte extra de umidade provindo das nuvens já é notoriamente reconhecido em florestas altomontanas, embora de difícil mensuração (BRUIJNZEEL, 2001). A regulação hidrológica desses ambientes leva em conta diversos fatores intrínsecos à vegetação, como por exemplo, a ocorrência de diversos epífitos avasculares, os quais “capturam” a umidade do ar e promovem a manutenção hídrica desses ambientes, sendo favorecidos também pela redução da radiação solar e das taxas de evapotranspiração (HAMILTON, 1995).

Além disso, a presença constante de ventos acaba por corriqueiramente causar efeitos sobre o microclima. A própria movimentação das massas de ar pode reduzir as temperaturas e retirar umidade do ecossistema pela evaporação direta, entre outros fatores. Portanto, o microclima desses ambientes pode ser bastante variável, e isso se reflete na regulação da atividade cambial e, por consequência, na largura dos anéis de crescimento.

5.4.1 Sítio Caratuva

5.4.1.1 *Ilex microdonta*

Conforme a FIGURA 24 pode-se verificar que as temperaturas máximas obtiveram correlação positiva em todos os períodos vegetativos, e significativa no final da primavera e início do verão do ano anterior (outubro, novembro e dezembro). Villalba *et al.* (1998) sugerem que as temperaturas de verão são favoráveis ao crescimento de árvores em florestas nebulares, principalmente nos subtrópicos.

As temperaturas médias obtiveram correlação positiva com os meses de inverno, ainda que significativa somente no mês de setembro do ano anterior. Entretanto, tiveram correlações mais baixas nos meses mais quentes, indicando que são desfavoráveis ao crescimento. Em relação às temperaturas mínimas, estas se correlacionam positivamente nos meses de inverno, mostrando que temperaturas mínimas mais amenas favorecem o crescimento nesse período, sendo significativamente correlacionada em julho do ano anterior.

Para as precipitações, essencialmente possuem correlações negativas, e significativas nos dois períodos mais expressivos do crescimento - verão e inverno -, indicando que essa variável teria um efeito desfavorável ao crescimento nesses períodos. A relação negativa ainda pode ser em parte justificada pelo fato de que os dados de precipitação não representam a real condição hidrológica da floresta altomontana, causando assim, divergências entre os valores de precipitação na estação meteorológica e nas elevadas altitudes.

Still *et al.* (1999) justifica que a precipitação vertical pode saturar o solo e causar estresse hídrico por excesso, o que possivelmente implicaria na redução do crescimento, uma vez que a principal fonte de água desses ambientes provém diretamente do vapor d'água das nuvens. Ainda, períodos muito longos de chuvas reduzem as temperaturas médias, e as taxas de insolação sobre a floresta, o que pode desfavorecer o crescimento.

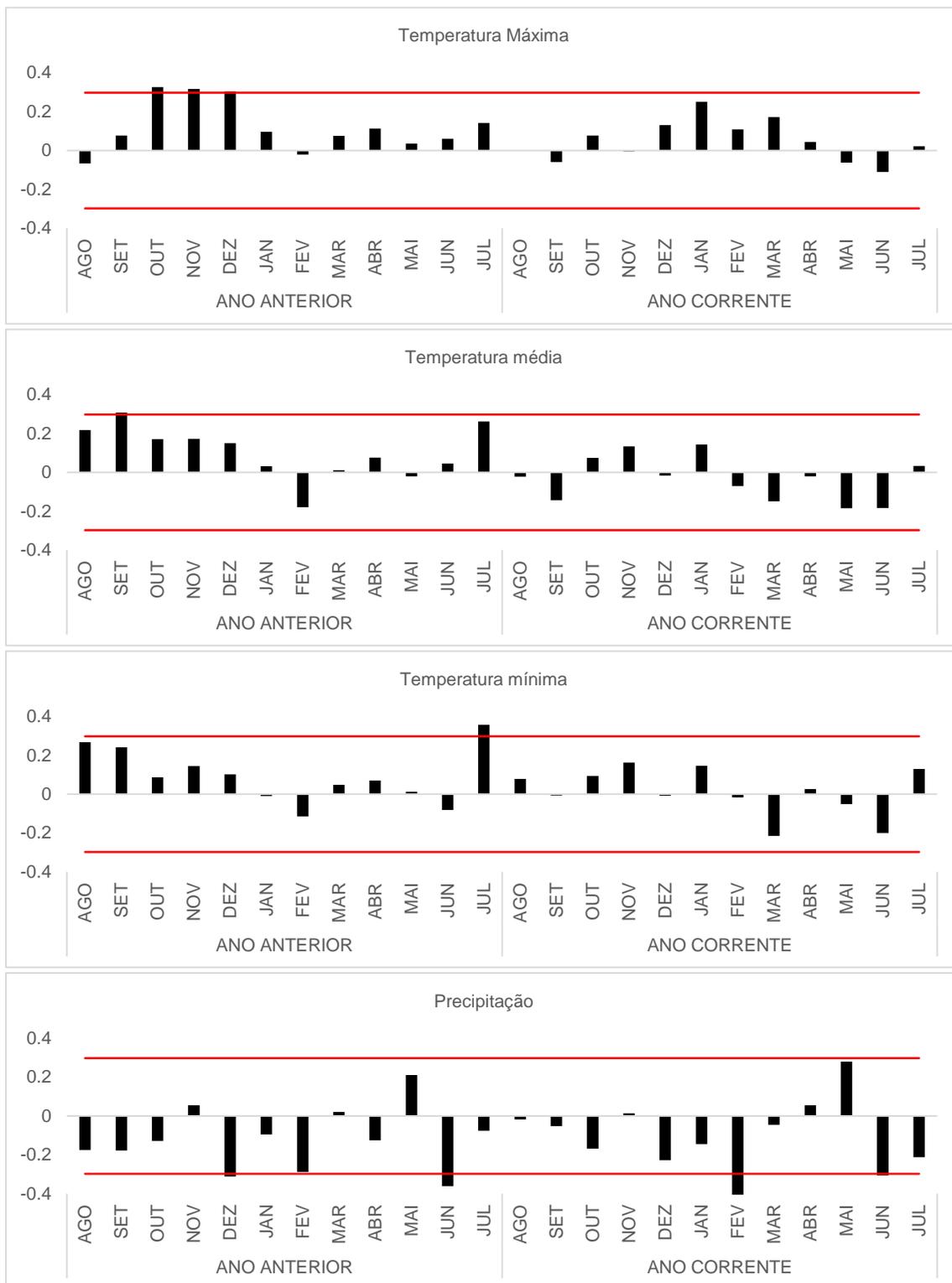


FIGURA 24. Correlações de Pearson ($p < 0,05$), entre o crescimento de *I. microdonta* com variáveis climáticas, no Pico Caratuva, A linha vermelha representa o nível de significância estatística a 95% de probabilidade.

5.4.1.2 *Drimys brasiliensis*

De maneira geral, as temperaturas e a precipitação têm efeito positivo sobre o crescimento da espécie, nos meses de verão do ano corrente. Temperaturas máximas apresentaram correlação significativa negativa, no mês de junho do ano anterior, mas positiva no verão do ano corrente, mostrando que o crescimento é favorecido nas épocas de altas temperaturas durante o verão. As temperaturas médias, assim como as mínimas, obtiveram correlação positiva e significativa no período do inverno do ano anterior, e positivas no ano corrente como um todo, indicando que nos períodos mais frios no ano, altas temperaturas mínimas e médias favorecem o crescimento da espécie (FIGURA 25), em detrimento à precipitação, uma vez que em julho do ano anterior, a correlação é significativamente negativa. A precipitação talvez não seja um fator limitante, uma vez que a constante cobertura de nuvens ao longo do ano reduz a radiação solar e o déficit de vapor de água, chegando a suprimir consideravelmente a evapotranspiração (HAMILTON, 1995). Ainda, assim como *I. microdonta*, as baixas correlações encontradas também podem ser justificadas pela utilização de dados não fidedignos aos das florestas altomontanas estudadas, uma vez que a estação meteorológica se localizava distante destas.

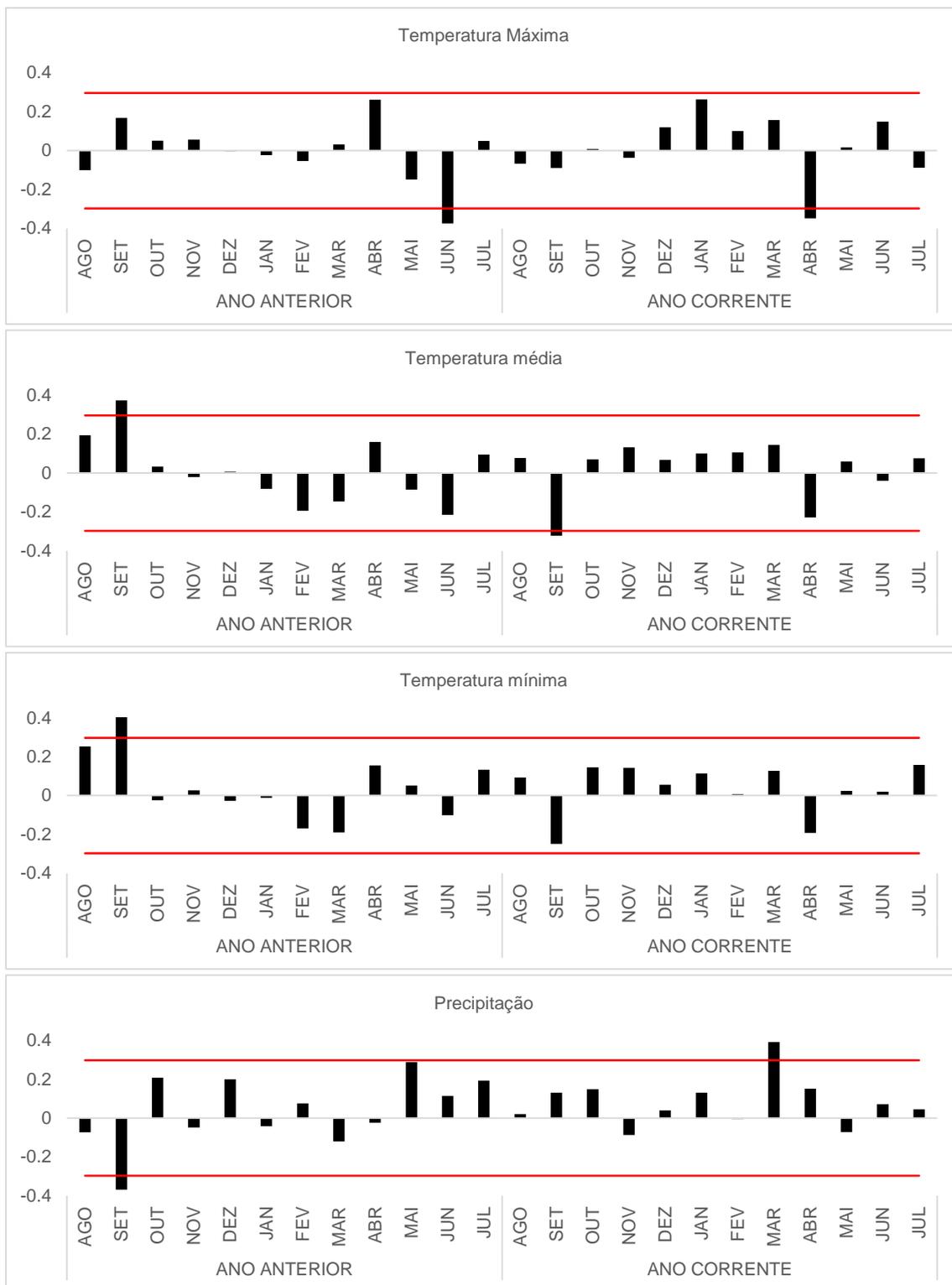


FIGURA 25. Correlações de Pearson ($p < 0,05$), entre o crescimento de *D. brasiliensis* com variáveis climáticas, no Pico Caratuva, A linha vermelha representa o nível de significância estatística a 95% de probabilidade.

5.4.2 Sítio Anhangava

5.4.2.1 *Ilex microdonta*

De maneira geral, as temperaturas máximas possuem efeito positivo sobre o crescimento (VILLALBA *et al.*, 1998), com correlação significativa apenas em maio do ano anterior. Este padrão se repete para as temperaturas médias e mínimas, onde as correlações são essencialmente positivas durante os maiores períodos de crescimento (entre outubro e fevereiro). Dá-se destaque para o mês de fevereiro do ano corrente, em que a correlação é substancialmente mais elevada que os demais meses. Estudos conduzidos por Blum *et al.* (2011) na Serra da Prata apontam que o mês de fevereiro possui as maiores temperaturas máximas médias. Assim, os efeitos da temperatura se dão mais expressivos nessa época, que é o final do período vegetativo, e início do período de redução e/ou cessação das taxas de crescimento (FIGURA 26).

Em relação à precipitação, esta tem efeito positivo nos meses de verão e negativo nos meses de inverno, o que condiz com o tipo climático regional, experimentado pelas florestas. Os índices de precipitação são maiores durante os meses mais quentes do que nos mais frios, conforme verificado por Roderjan (1994), para a mesma região.

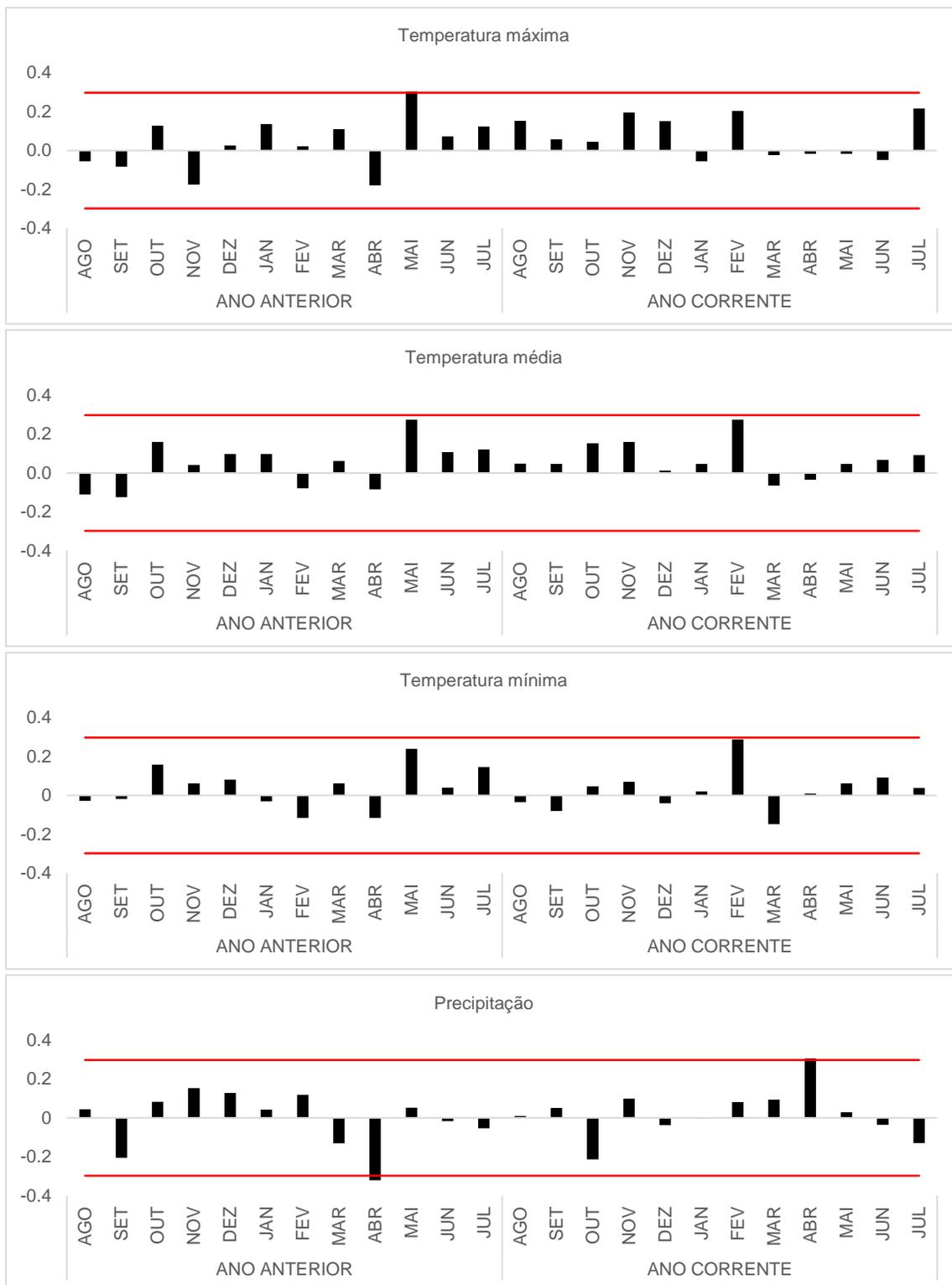


FIGURA 26. Correlações de Pearson ($p < 0,05$), entre o crescimento de *I. microdonta* com variáveis climáticas, no Morro Anhangava, A linha vermelha representa o nível de significância estatística a 95% de probabilidade.

5.4.2.2 *Drimys brasiliensis*

Os indivíduos amostrados de *Drimys brasiliensis* tiveram comportamento distinto dos de *Ilex microdonta*, em relação às correlações em resposta ao clima. As temperaturas máximas se correlacionaram negativamente no fim do período vegetativo do ano corrente, sendo significativo apenas no mês de junho. As correlações de temperaturas médias tiveram comportamento similar, de maneira geral negativo, também com significância no mês de junho do ano corrente. As temperaturas mínimas também se correlacionaram negativamente ao longo do ano, com maior expressividade no período de dormência, nos meses de inverno. A exposição sul da floresta talvez seja um fator que esteja influenciando os regimes térmicos, uma vez que a incidência de radiação solar é menor nessa face da montanha (FRITTS, 1976).

A precipitação apresentou-se negativamente correlacionada nos meses de agosto e setembro do ano anterior, porém positivamente nos meses do fim do período vegetativo do ano corrente, e significativa no mês de agosto do ano corrente (FIGURA 27). Carlquist (1988) cita que *Drimys* sp. ocorre em regiões sem déficit hídrico, o que é corroborado pelos estudos de Roderjan e Grodski (1999), no mesmo local. A diferenciação da resposta climática em relação a *I. microdonta* pode indicar que as espécies adaptam-se de maneiras distintas no ambiente, muito provavelmente estando esse fato ligado a sua própria autoecologia e até mesmo a sua anatomia (CARLQUIST, 1988).

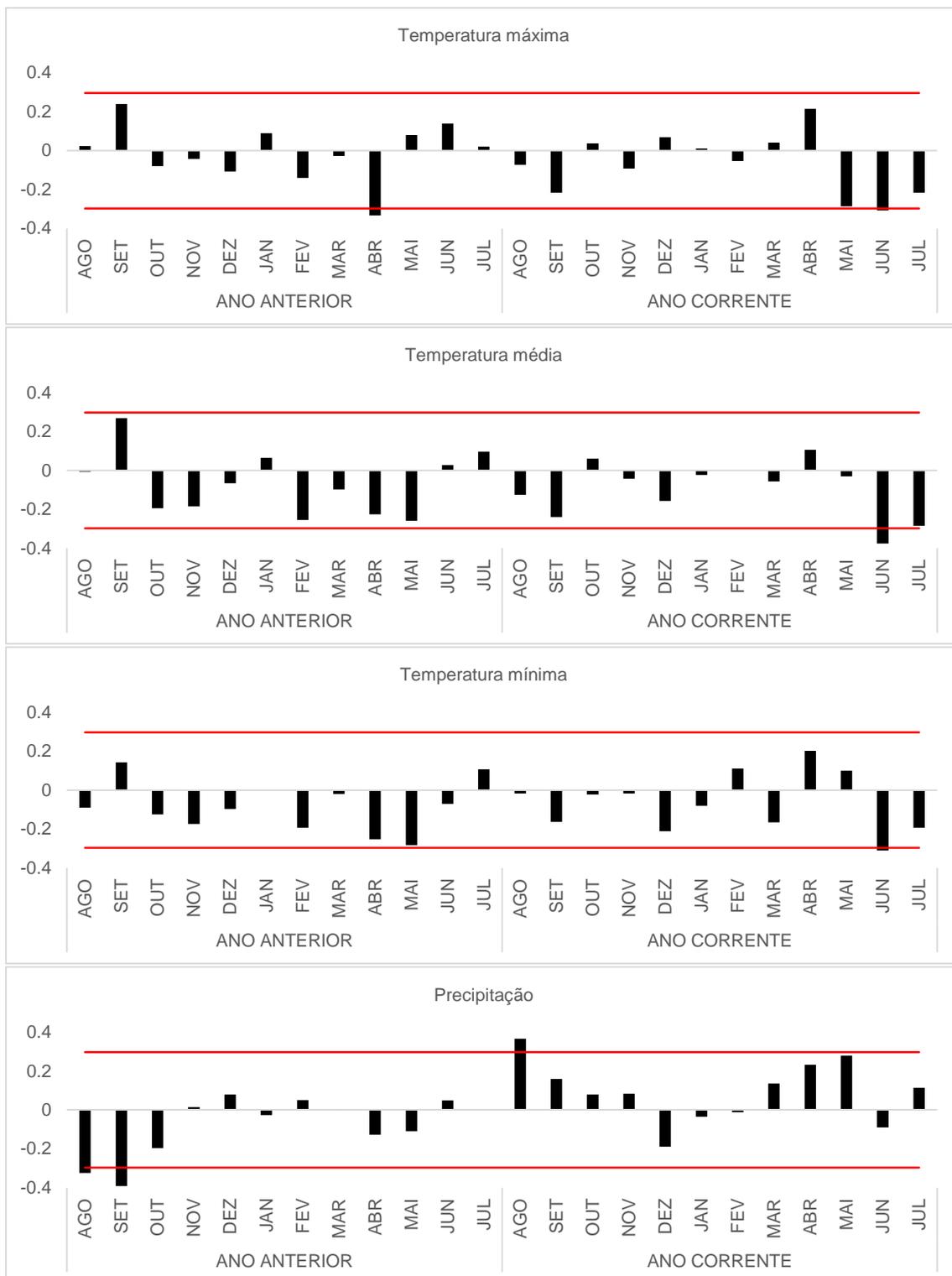


FIGURA 27. Correlações de Pearson ($p < 0,05$), entre o crescimento de *D. brasiliensis* com variáveis climáticas, no Morro Anhangava, A linha vermelha representa o nível de significância estatística a 95% de probabilidade.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Por meio da análise dendrocronológica, foi possível determinar a idade de cada árvore, e desenvolver as primeiras cronologias em ambientes altomontanos no Estado do Paraná para *Ilex microdonta* e *Drimys brasiliensis* que, por possuírem elevada frequência e dominância, podem até serem classificadas como bioindicadoras desses ambientes. Além disso, a reconstrução do padrão individual de crescimento dos indivíduos selecionados pode auxiliar no entendimento acerca da dinâmica desses ecossistemas. Assim, ambas as espécies possuem potencial para futuros estudos dendrocronológicos nos ambientes altomontanos paranaenses.

A formação e presença de anéis anuais de crescimento em espécies arbóreas nas florestas altomontanas – sob condição de clima subtropical úmido mesotérmico – , reforçam o potencial de aplicação dessas espécies como indicadoras em estudos ecológicos e de mudanças climáticas, e no entendimento acerca da manutenção desses ecossistemas.

A estrutura etária dos indivíduos amostrados mostrou que *Ilex microdonta* apresentou as idades mais avançadas, entre 71 e 153 anos, com idade média de 108 anos. Por outro lado, *Drimys brasiliensis* apresentou os indivíduos mais jovens, comparativamente, entre 29 e 134 anos, com idade média de 80 anos.

Com relação às variáveis ambientais analisadas, a altitude se mostrou um importante fator na regulação do crescimento dos indivíduos analisados, nas maiores elevações, o que indica que o crescimento é afetado pela altitude, nas condições regionais altomontanas nesta latitude. A temperatura, especialmente as temperaturas máximas e mínimas, as quais são potencializadas com a altitude, podem afetar significativamente, sobretudo nos períodos de início de crescimento e de dormência, em função de sua atuação sobre a atividade cambial dessas espécies.

Como recomendação desta pesquisa, sugere-se a ampliação do universo amostral, procurando promover um aumento da intercorrelação entre as séries temporais e, conseqüentemente, a busca por uma melhor resposta do crescimento em relação aos fatores climáticos. Acrescido a isso, a inclusão e exploração de outras espécies arbóreas representativas desses ambientes seriam imprescindíveis no sentido de compreender os complexos mecanismos envolvidos na dinâmica e manutenção dos ambientes altomontanos. Neste contexto, outros fatores e condições

ambientais deveriam ser levados em conta, como as características físico-químicas dos solos e a face e tempo de exposição nas vertentes, a competição inter e intra-específica, entre outras, que auxiliem nesse entendimento.

REFERÊNCIAS

ADENESKY-FILHO, E. **Florística, fitossociologia e dendroecologia em encosta e planície do médio rio Tibagi, Telêmaco Borba, Paraná, Brasil.** (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

ANCHUKAITIS, K. J.; EVANS, M. N.; WHEELWRIGHT, N. T.; SCHRAG, D. P. Stable isotope chronology and climate signal calibration in neotropical montane cloud forest trees. **Journal of Geophysical Research**, v. 113, n. G3, 2008.

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.** 56f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BAAS, P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. **Blumea**, v. 21, p. 193-258, 1973.

BAAS, P.; VETTER, R. E. Growth rings in tropical trees. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 2, p. 95-84, 1989.

BANNAN, M.W. The vascular cambium and tree-ring development. In: **Tree Growth** (Kozlowski, T.T, Ed.). The Ronald Press Company, New York, p. 3-22. 1962.

BARICHIVICH, J.; SAUCHYN, D. J.; LARA, A. Climate signals in high elevation tree-rings from the semiarid Andes of north-central Chile: Responses to regional and large-scale variability. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 281, n. 3-4, p. 320–333, 2009.

BARRY, R. G.; SEIMON, A. Research for Mountain Area Development: Climatic Fluctuations in the Mountains of the Americas and Their Significance. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 29, n. 7, p. 364–370, 2000.

BIGARELLA, J.J. **A Serra do Mar e a Porção Oriental do Estado do Paraná.** Curitiba: Secretaria de Estado de Planejamento, 1978.

BIONDI, F. A 400-year Tree-ring Chronology from the Tropical Treeline of North America. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 30, n. 3, p. 162–166, 2001.

BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V.; GALVÃO, F. O clima e sua influência na distribuição da Floresta Ombrófila Densa na Serra da Prata, Morretes, Paraná. **Floresta**, v. 41, n. 3, 2011.

BLUM, C.T. **Os componentes epifítico vascular e herbáceo terrícola da Floresta Ombrófila Densa ao longo de um gradiente altitudinal na Serra da Prata, Paraná**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

BONINSEGNA, J. A.; ARGOLLO, J.; ARAVENA, J. C.; *et al.* Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 281, n. 3-4, p. 210–228, 2009.

BOTOSSO, P. C. **Identificação Macroscópica de Madeiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 65p.

BOTOSSO, P.C.; MATTOS, P.P. **Conhecer a Idade das Árvores: Importância e Aplicação**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

BOX, G. E. P.; COX, D. R. An Analysis of Transformations. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 26, n. 2, p. 211-252, 1964.

BRANDES, A.F.N. **Anatomia do lenho e dendrocronologia de lianas da família Leguminosae ocorrentes na Mata Atlântica**. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Casa Civil: Presidência da República**. Brasília, DF. 2000.

BRIFFA, K. R. Annual climate variability in the Holocene: interpreting the message of ancient trees. **Quaternary Science Reviews**, v. 19, n. 1, p. 87–105, 2000.

BROTTO, M. L.; VIEIRA, T.; SANTOS, E. P. Flórula do Morro dos Perdidos, Serra de Araçatuba, Paraná, Brasil: Aquifoliaceae. **Estud. Biol.**, v. 29, n. 67, p. 129-135, 2007.

BROWN, C. L. Secondary growth. In: ZIMMERMAN, M. H.; BROWN, C. L. (Ed.). **Trees: structure and function**. 2nd ed. New York: Springer-Verlag, p. 67-123, 1974.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrology of tropical montane cloud forests: a reassessment. **Land use and water resources research**, v. 1, n. 1, p. 1–18, 2001.

BÜNTGEN, U.; FRANK, D.; VALLE, K. B.; BOURIAUD, O.; ESPER, J. Climatic drivers of beech growth in the Vosges and Jura Mountains. **Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology**, v. 6, p. 37–44, 2007.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.

CALLADO, C. H.; NETO, S. J. S.; SCARANO, F.R.; COSTA, C. G. Radial growth dynamics of *Tabebuia umbellata* (Bignoniaceae), a flood-tolerant tree from the Atlantic forest swamps in Brazil. **IAWA Journal**, v. 25, n. 2, p. 175-183, 2004.

CALLADO, C. H.; NETO, S. J. S.; 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**, v. 22, n. 1, p. 29-42, 2001a.

CALLADO, C. H.; NETO, S. J. S.; SCARANO, F. R.; COSTA, C. G. Periodicity of growth rings in some flood-prone trees of Atlantic Rain Forest in Rio de Janeiro, Brazil. **Trees**, v. 15, p. 492–497, 2001b.

CARLQUIST, S. Wood anatomy of *Drimys* S.S (Winteraceae). **ALISO**, v. 12, n. 1, p. 81-95, 1988.

CARRER, M.; ANFODILLO, T.; URBINATI, C.; CARRARO, V. High-altitude forest sensitivity to global warming: results from long-term and short-term analyses in the eastern Italian alps. In: BENISTON, M.; INNES, J. L. (Eds.). **The Impacts of Climate Variability on Forests**. New York: Springer, 1998. p. 171-189.

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.** Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

COOK, E. R.; HOLMES, R. L. **Program ARSTAN users manual.** Tucson: The University of Arizona Press, 1984.

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

COOMES, D. A.; ALLEN, R. B. Effects of size, competition and altitude on tree growth. **Journal of Ecology**, v. 95, n. 5, p. 1084–1097, 2007.

CORLETT, R. T. Tropical secondary forests. **Progress in Physical Geography**, v. 19, n. 2, p. 159-172, 1995.

COSMO, N. L. **ECOLOGIA DO LENHO DE 19 ESPÉCIES NATIVAS DO ESTADO DO PARANÁ.** Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

DÉTIENNE, P. Appearance and periodicity of growth rings in some tropical woods. **IAWA Bull.**, v. 10, p. 123-132, 1989.

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**, v. 79, p. 5-11, 2005.

ECKSTEIN, D.; SASS, U.; BAAS, P. Growth periodicity in tropical trees. **IAWA Journal**, v. 16, n. 4, p. 323-442, 1995.

EDWIN, G.; REITZ, P. R. Aquifoliáceas. In: REITZ, P. R. (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense.** Itajaí: Herbário “Barbosa Rodrigues”, 1967.

ELLENBERG, H.; MUELLER-DOMBOIS, D. Tentative physiognomic-ecological classification of plant formations of the earth. **Ber. Geobot. Inst. Rübel Zürich**, v. 37, p. 21-55, 1967.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2013. 353 p.

EVANS, I. S.; COX, N. J. Relations between land surface properties: Altitude, slope and curvature. In: HERGARTEN, S.; NEUGEBAUER, H. J. (Eds.). **Process Modeling and Landform Evolution**. New York: Springer. 1999.

FAHN, A.; BURLEY, J.; LONGMAN, K.; MARIAUX, A.; TOMLINSON, P. Possible contributions of wood anatomy to the determination of the age of tropical trees. In: BORMANN, F.H.; BERLYN, G. (Eds.). **Age and Growth Rate of Tropical Trees: New Directions for Research**. New Haven: Yale University Press, 1981.

FALKENBERG, D.B.; VOLTOLINI, J.C. The montane cloud forest in southern Brazil. In: **Tropical montane cloud forests** (L.S. Hamilton, J.O. Juvik & F.N. Scatena, eds). Springer Verlag, New York, p. 138-149. 1995.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. Oxford: Elsevier Science, 1976.

GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y. S.; RODERJAN, C. V. Levantamento fitossociológico das principais associações arbóreas da Florestal Nacional de Irati – PR. **Floresta**, v. 19, n. 1, p. 30-49, 1989.

GÄRTNER, H.; ESPER, J.; TREYDTE, K. Geomorphologie und Jahrringe – Feldmethoden in der Dendrogeomorphologie. **Schweiz. Z. Forstwes.**, v. 155, n. 6, p. 198-207, 2004.

GESSLER, P. E.; CHADWICK, O. A.; CHAMRAN, F.; ALTHOUSE, L.; HOLMES, K. Modeling Soil-Landscape and Ecosystem Properties Using Terrain Attributes. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v. 64, p. 2046-2056, 2000.

GOTTSBERGER, G.; SILBERBAUER-GOTTSBERGER, I., EHRENDORFER, F. Reproductive Biology in the Primitive Relic Angiosperm *Drimys brasiliensis* (Winteraceae). **Plant Systematics and Evolution**, v. 135, p. 11-39, 1980.

GOOGLE EARTH PRO. **Morro Anhangava e Pico Caratua**: Imagem aérea. Curitiba, 2014.

GRISSINO-MAYER, H. D. A manual and tutorial for the proper use of an increment borer. **Tree Ring Research**, v. 59, n. 2, p. 63-79, 2003.

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

GUAPYASSÚ, M.S. **Caracterização fitossociológica de três fases sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa Submontana – Morretes – Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

HAMILTON, L.S.; JUVIK, J.O.; SCATENA, F.N. The Puerto Rico tropical cloud forest symposium: introduction and workshop synthesis. In: _____. **Tropical montane cloud forests**. Springer Verlag, New York, p. 1-23. 1995.

HAMILTON, J.S. Mountain Cloud Forest Conservation and Research: a synopsis. **Mountain Research and Development**, v. 15, n. 3, p. 259-266, 1995.

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

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

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Monitoramento dos rios de Unidades de Conservação com bioindicadores**. Curitiba, Paraná, 2002.

IAP – INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Plano de Manejo do Parque Estadual Pico do Marumbi**. Curitiba, Paraná, 1996.

IAPAR – INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Média histórica – Pinhais**. 2014. Disponível em: <
http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Pinhais.htm>
Acesso em: 23/09/2014.

IAWA Committee. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bull.**, n. 10, p. 219–332, 1989.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**, 2. Ed. Rio de Janeiro: CRNEA, 2012.

ICMBio – INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Parque Nacional do Itatiaia**. Disponível em: < <http://www.icmbio.gov.br/parnaitatiaia/>>. Acesso em: 19/03/2015.

KAENNEL, M.; SCHWEINGRUBER, F. H. **Multilingual Glossary of Dendrochronology: Terms and Definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian**. Viena: Haupt, 1995.

KANIESKI, M. R. **Estudo dendroecológico de *Sebastiania commersoniana* (Baill.) L.B. Sm. & R.J. Downs e de arbóreas invasoras em Floresta Ombrófila Mista Aluvial, sul do Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KIRCHHEFER, A. J. The influence of slope aspect on tree-ring growth of *Pinus sylvestris* L. in northern Norway and its implications for climate reconstruction. **Dendrochronologia**, 2000.

KITZBERGER, T.; VEBLEN, T. T.; VILLALBA, R. Métodos dendroecológicos y sus aplicaciones en estudios de dinámica de bosques templados de Sudamérica. In: ROIG, F. A. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000. p. 17-78.

KOEHLER, A.; GALVÃO, F.; LONGHI, S.J. Floresta Ombrófila Densa Altomontana: Aspectos Florísticos e Estruturais de Diferentes Trechos na Serra do Mar, PR. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, p. 27-39, 2002.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. **Principles of wood science and technology: solid wood**. Berlin: Springer-Verlag, v. 1, 1968. 592p.

KOZLOWSKI, T. T. **Tree Growth**. New York: The Ronald Press Company, 1962. 442 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000.

LAXSON, T. A. **Geospatial analysis of mean sensitivity in *Pinus strobus***. Dissertação. University of North Carolina, Greensboro, 2011.

LIMBERGER, R. P.; SCOPEL, M.; SOBRAL, M.; HENRIQUES, A. T. Comparative analysis of volatiles from *Drimys brasiliensis* Miers and *D. brasiliensis* Miers (Winteraceae) from Southern Brazil. **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 35, n. 3, p. 130–137, 2007.

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**, 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**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Editora UEPG: Ponta Grossa, 3ªed., 2012.

MARTINS, D. G.; WATZLAWICK, L. F.; SANQUETTA, C. R.; CANZI, S. M. Densidade básica da madeira de congonha (*Ilex microdonta* Reiss.), ao longo do fuste. **Ciência e Natura**, v. 26, n. 2, p. 33–42, 2004.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ. **Atlas comentado da geologia e dos recursos minerais do estado do Paraná**. Curitiba, 2001.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ. **Mapa Geológico do Paraná**. Curitiba, 2006. Escala 1:650000.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e Ações Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos**. Brasília: MMA/SBF, 2000. 40p.

MORALES, M. S.; VILLALBA, R.; GRAU, H. R.; PAOLINI, L. Rainfall-controlled tree growth in high-elevation subtropical treelines. **Ecology**, v. 85, n. 11, p. 3080–3089, 2004.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, p. 853-858, 2000.

OLIVEIRA, F. **Camadas de crescimento de espécies arbóreas e arbustivas em um ecótono campo-floresta no sul do Brasil**. Dissertação (Mestrado em Biologia) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2014.

OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Climatic signals in tree-rings of *Araucaria angustifolia* in the southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, v. 35, n. 2, p. 134–147, 2009b.

OLIVEIRA, J. M.; SANTA ROSA, E.; PILLAR, V. D.; ROIG, F. A. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree *Araucaria angustifolia*. **Trees**, v. 23, n. 1, p. 107–115, 2009a.

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

PELFINI, M. **Ricerca Dendroglaciologica Sul Ghiacciaio Del Miage**. Disponível em:
<<http://www.regione.vda.it/gestione/riviweb/templates/aspx/informatore.aspx?pkArt=204>>. Acesso em: 01/09/2014.

PIOVESAN, G.; BERNABEI, M.; FILIPPO, A.; ROMAGNOLI, B. S. A long-term tree ring beech chronology from a high-elevation old-growth forest of Central Italy. **Dendrochronologia**, v. 21, n. 1, p.13-22, 2003.

PIRES, P. T. L.; ZILLI, A. L.; BLUM, C. T. **Atlas da Floresta Atlântica**. Curitiba: SEMA / Programa Proteção da Floresta Atlântica – Pró-Atlântica, 2005. 104p.

PORTES, M.C.G. de O. **Deposição de serapilheira e decomposição foliar em Floresta Ombrófila Densa Altomontana, Morro Anhangava, Serra da Baitaca, Quatro Barras-PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

PORTES, M.C.G. de O.; GALVÃO, F.; KOEHLER, A. Caracterização Florística e Estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana no Morro do Anhangava, Quatro Barras – PR. **Floresta**, v. 31, n.1/2, 2001.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2014.

RAPP, J. M.; SILMAN, M. R.; CLARK, J. S.; *et al.* Intra-and interspecific tree growth across a long altitudinal gradient in the Peruvian Andes. **Ecology**, v. 93, n. 9, p. 2061–2072, 2012.

RAUBER, R. C. **Dendroecologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) em um ecótono de florestas subtropicais montanas no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

ROCHA, M.R.L. **Caracterização fitossociológica e pedológica de uma Floresta Ombrófila Densa no parque estadual do Pico do Marumbi – Morretes, PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1999.

RODERJAN, C.V. **A floresta ombrófila densa altomontana no morro Anhangava, Quatro Barras, PR: aspectos climáticos, pedológicos e fitossociológicos**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1994.

RODERJAN, C.V.; GALVÃO, F.; KUNIYOSHI, Y.S.; HATSCHBACH, G.G. As unidades fitogeográficas do estado do Paraná, Brasil. **Ciência&Ambiente**, Santa Maria, v. 24, n. 1, p. 75-92, 2002.

RODERJAN, C.V.; GRODZKI, L. Acompanhamento meteorológico em um ambiente de floresta ombrófila densa altomontana do Morro Anhangava, Mun. Quatro Barras – PR, no ano de 1993. **Cad. Biodivers.**, v. 2, n. 1, 1999.

RODERJAN, C. V.; STRUMINSKI, E. **Serra da Baitaca – caracterização e proposta de manejo**. FUPEF/FBPN, Curitiba, 1992. 102p.

ROIG, F. A. **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, 2000.

ROZENDAAL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees**, v. 25, n. 1, p. 3–16, 2011.

SAVI, M. **Análise Ecosistêmica da Serra do Mar Paranaense: Área de Especial Interesse Turístico do Marumbi**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

SCHARNWEBER, T.; MANTHEY, M.; WILMKING, M. Differential radial growth patterns between beech (*Fagus sylvatica* L.) and oak (*Quercus robur* L.) on periodically waterlogged soils. **Tree Physiology**, v. 33, n. 4, p. 425–437, 2013.

SCHEER, M.B. **Ambientes Altomontanos no Paraná: Florística Vascular, Estrutura Arbórea, Relações Pedológicas e Datações por ¹⁴C**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

SCHEER, M. B.; CURCIO, G. R.; RODERJAN, C. V. Carbon and Water in Upper Montane Soils and Their Influences on Vegetation in Southern Brazil. **Soil Science**, v. 2013, p. 1–12, 2013.

SCHEER, M.B.; BLUM, C.T. Arboreal diversity of the Atlantic Forest of Southern Brazil: from the beach ridges to the Paraná river. In: GRILLO, O.; VENORA, G. (Eds.). **The dynamical processes of biodiversity - Case studies of evolution and spatial distribution**. InTech, p. 109-134, 2011.

SCHEER, M.B.; MOCOCHINSKI, A.Y.; RODERJAN, C.V. Estrutura arbórea da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de serras do Sul do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 25, n. 4, p. 735-750, 2011a.

SCHEER, M.B.; CURCIO, G.R.; RODERJAN, C.V. Funcionalidades Ambientais de Solos Altomontanos da Serra da Igreja, Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1013-1026, 2011b.

SCHEER, M.B.; MOCOCHINSKI, A.Y. Florística vascular da Floresta Ombrófila Densa Altomontana de quatro serras no Paraná. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 2, p.51-70, 2009.

SCHOCH, W.; HELLER, I.; SCHWEINGRUBER, F. H.; KIENAST, F. **Wood anatomy of central European Species**. 2004. Disponível em: <<http://www.woodanatomy.ch/species.php?code=ILAQ>> Acesso em: 12/12/2014.

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M. T. F.; LUDWIGSHAUSEN, S.; HORNA, V.; WORBES, M. Phenology and stem-growth periodicity of tree species in Amazonian floodplain forests. **Journal of Tropical Ecology**, v. 18, n. 04, 2002.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree-rings and environment dendroecology**. Vienna: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research. Berne, Stuttgart, Vienna, Haupt, 609 p. 1996.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Trees and wood in dendrochronology: morphological, anatomical, and tree-ring analytical characteristics of trees frequently used in dendrochronology**. New York: Springer-Verlag, 1993.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree Rings: Basics and Applications of Dendrochronology**. Dordrecht: D. Reidel Publishers, 1988.

SEITZ, R. A.; KANNINEN, M. Tree ring analysis of *Araucaria angustifolia* in Southern Brazil: preliminary results. **IAWA Bulletin**, v. 10, n. 2, p. 170-174, 1989.

SHEPPARD, P. R.; CASALS, P.; GUTIÉRREZ, E. Relationships between ring-width variation and soil nutrient availability at the tree scale. **Tree-ring Research**, v. 57, n. 1, p. 105-113, 2001.

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

SPEER, J. H. **Fundamentals of tree-rings research**. Tucson: The University of Arizona Press, 2010. 368 p.

STAHL, D. W. Useful strategies for the development of tropical tree-ring chronologies. **IAWA Journal**, v. 20, n. 3, p. 249–253, 1999.

STEPKA, T. F. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil**. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

STILL, C. J.; FOSTER, P. N.; SCHNEIDER, S. H. Simulating the effects of climate change on tropical montane cloud forests. **Nature**, v. 398, n. 6728, p. 608–610, 1999.
STOKES, M.; SMILEY, T. **An introduction to tree-ring dating**. Chicago and London. The University of Chicago Press. USA. 73 p. 1968.

STREET, D. J. How fast is a Kiva? The Dendroarchaeology of long house, Mesa Verde National Park, Colorado. **Kiva**, v. 67, n. 2, 2001.

SUDERHSA – INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. **Bacias Hidrográficas do Paraná**. Curitiba, 2007.

TENCA, A.; CARRER, M. Growth climate response at high elevation: comparing Alps and Himalayas. **Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology Dendrosymposium**, v. 8, p. 89–97, 2009.

TIMIS, V.; POPA, I. Spatial variability of dendrochronological series from Rodna mountains (Eastern Carpathians – Romania). **Proc. Rom. Acad.**, v. 1, p. 83-86, 2011.

TOMAZELLO-FILHO, M.; LISI, C.; HANSEN, N.; CURY, G. Anatomical features of increment zones in different tree species in the State of São Paulo, Brazil. **Scientia Forestalis**, v. 66, p. 46-55, 2004.

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.; BARRELLA, W. (Eds). **Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações**. São Paulo: EDUC, p. 118–143, 2001.

TRINTA, E. F.; SANTOS, E. Winteráceas. In: REITZ, P. R. (Ed.). **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário “Barbosa Rodrigues”, 1997.

VASHCHENKO, Y. **Fatores que influenciam a erosão hídrica nas trilhas do Parque Estadual Pico do Marumbi - PR**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

VETTER, R.E. Growth periodicity and age of Amazonian tree species: Methods for their determination. In: ROIG, F. (Ed.). **Dendrocronología en América Latina**. Mendoza: EDIUNC, p. 135-155. 2000.

VETTER, R. E.; BOTOSSO, P. C. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. **IAWA Bulletin: New Series**, v. 10, n. 2, p. 133-145, 1989.

VIEIRA, R.; BLUM, C. T.; RODERJAN, C. V. Caracterização florística e estrutural de uma Floresta Ombrófila Densa Altomontana na Serra do Capivari, Campina Grande do Sul, Paraná. **Floresta**, v. 44, n. 4, p. 565–576, 2014.

VILLALBA, R.; BONINSEGNA, J. A.; HOLMES, R. L. *Cedrela brasiliensis* and *Juglans australis*: two new tropical species useful in dendrochronology. **Tree Ring Bulletin**, v. 45, p. 25-35, 1985.

VILLALBA, R.; GRAU, H. R.; BONINSEGNA, J. A.; JACOBY, G. C.; RIPALTA, A. Tree-ring evidence for long-term precipitation changes in subtropical South America. **International Journal of Climatology**, v. 18, n. 1, p. 1463–1478, 1998.

WATSON, L.; DALLWITZ, M.J. **The families of flowering plants: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**, 1992. Disponível em: <<http://delta-intkey.com/angio/www/winterac.htm>>. Acesso em 17/03/2015.

WITAICENIS, A. **Caracterização Farmacoquímica de *Drimys angustifolia* Miers**. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.

WITAICENIS, A.; ROLDÃO, E. F.; SEITO, L. N.; ROCHA, N. P.; DI STASI, L. C. Pharmacological and toxicological studies of *Drimys brasiliensis* Miers. (Winteraceae). **Journal of Ethnopharmacology**, v. 111, n. 3, p. 541–546, 2007.

WORBES, M. Growth rings, increment and age of trees in inundation forests, savannas and a mountain forest in the neotropics. **IAWA Bulletin New Series**, v. 10, p. 109-122, 1989.

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

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 217-231, 2002.

WORBES, M. Tree Ring Analysis. In: BURLEY, J.; EVANS, J. YOUNGQUIST, J. A. (Eds.). **Encyclopedia of forest sciences**. Oxford: Elsevier, 2004.