

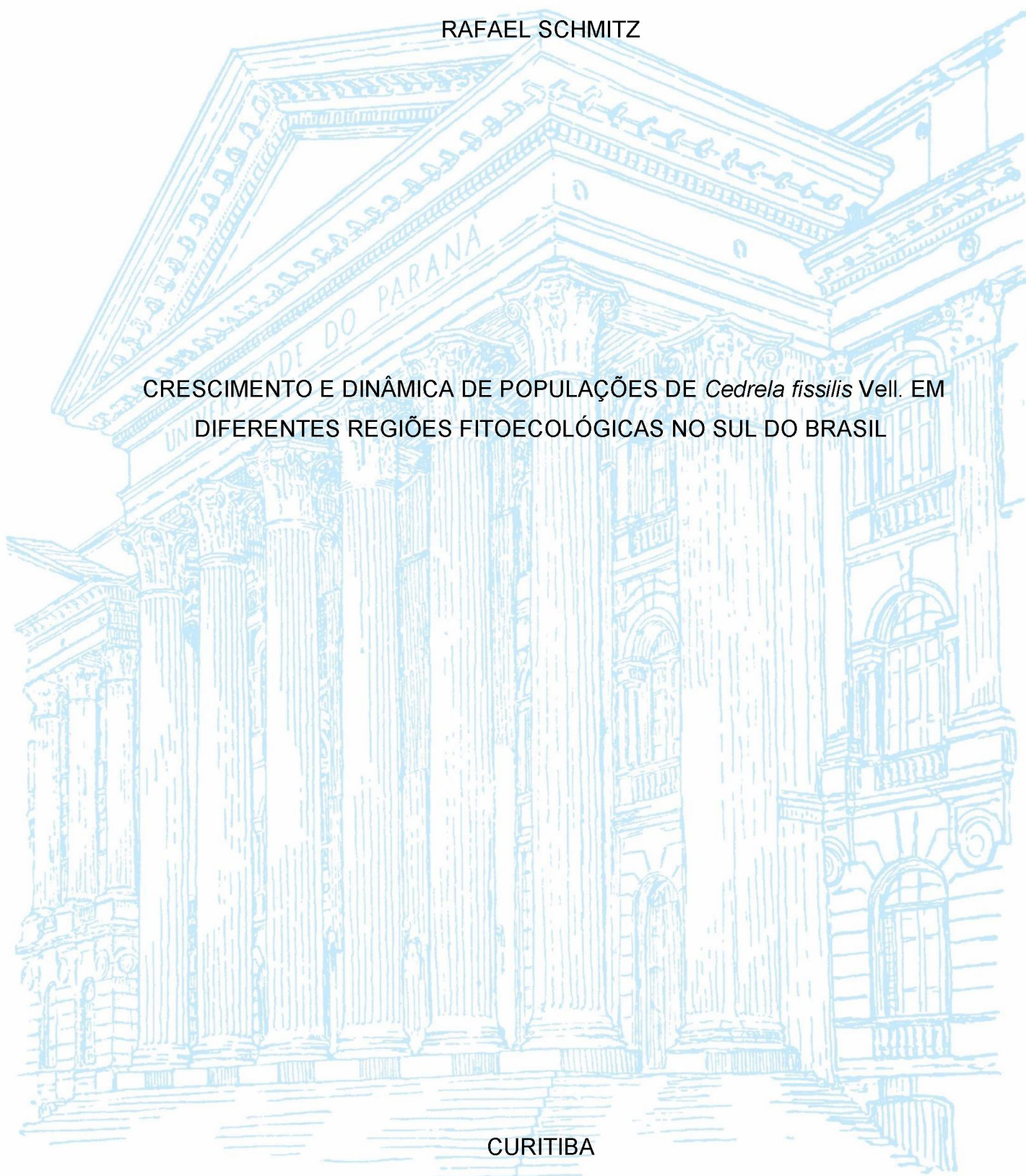
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

RAFAEL SCHMITZ

CRESCIMENTO E DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE *Cedrela fissilis* Vell. EM
DIFERENTES REGIÕES FITOECOLÓGICAS NO SUL DO BRASIL

CURITIBA

2022



RAFAEL SCHMITZ

CRESCIMENTO E DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE *Cedrela fissilis* Vell. EM
DIFERENTES REGIÕES FITOECOLÓGICAS NO SUL DO BRASIL

Tese apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Manejo Florestal, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Florestal

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Coorientadoras: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte
Dra. Patrícia Póvoa de Mattos

CURITIBA
2022

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Schmitz, Rafael

Crescimento e dinâmica de populações de *Cedrela fissilis* Vell. em diferentes regiões fitoecológicas no Sul do Brasil / Rafael Schmitz. – Curitiba, 2022.

1 recurso on-line : PDF.

Orientador: Prof. Dr. Sebastião do Amaral Machado

Coorientadoras: Profa. Dra. Ana Paula Dalla Corte

Dra. Patrícia Póvoa de Mattos

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 18/02/2022.

1. *Cedrella fissilis* – Brasil, Sul. 2. *Cedrella fissilis* - Crescimento. 3. Dinâmica florestal - Mata Atlântica. 4. Dendrocronologia. 5. Florestas - Manejo. 6. Florestais tropicais – Brasil, Sul. I. Machado, Sebastião do Amaral. II. Dalla Corte, Ana Paula. III. Mattos, Patrícia Póvoa de. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.9

CDU – 634.0.561.24(816)

Bibliotecária: Berenice Rodrigues Ferreira – CRB 9/1160



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA
FLORESTAL - 40001016015P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA FLORESTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **RAFAEL SCHMITZ** intitulada: **CRESCIMENTO E DINÂMICA DE POPULAÇÕES DE *Cedrela fissilis* Vell. EM DIFERENTES REGIÕES FITOECOLÓGICAS NO SUL DO BRASIL.**, sob orientação do Prof. Dr. SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutor está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 18 de Fevereiro de 2022.

Assinatura Eletrônica

21/02/2022 14:01:41.0

SEBASTIÃO DO AMARAL MACHADO

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

19/02/2022 08:24:10.0

ALLAN LIBANIO PELISSARI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

21/02/2022 08:20:55.0

EVALDO MUÑOZ BRAZ

Avaliador Externo (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA
AGROPECUÁRIA)

Assinatura Eletrônica

21/02/2022 08:25:21.0

ALEXANDRE BEHLING

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

22/02/2022 17:32:57.0

AURÉLIO LOURENÇO RODRIGUES

Avaliador Externo (COMPANHIA DE SANEAMENTO DO PARANÁ)

Avenida Lothário Meissner, 632 - CURITIBA - Paraná - Brasil

CEP 80210-170 - Tel: (41) 3360-4212 - E-mail: pgfloresta@gmail.com

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 152983

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp>
e insira o código 152983

A todos que de alguma forma tornam a minha trajetória mais leve e feliz.

À minha família.

Dedico.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Paraná, à Pós-Graduação em Engenharia Florestal e aos professores do curso pelos valiosos momentos de aprendizado.

Ao Professor Dr. Sebastião do Amaral Machado pela sua disposição na orientação e compreensão nos diversos momentos na minha trajetória no doutorado.

Ao Instituto Federal de Santa Catarina por entender que a capacitação docente é necessária à transformação social deste país.

À CAPES pela bolsa no Programa de Doutorado Sanduíche no Exterior.

À Universidade de Leeds, em especial ao Professor Dr. Roel Brienens pelos valiosos momentos de aprendizado durante o meu estágio sanduíche na Inglaterra.

À Professora Dra. Ana Paula Dalla Corte pelas contribuições ao trabalho.

Ao Professor Dr. Thiago Floriani Stepka pela colaboração com este trabalho.

Aos meus colegas da UFPR: Aline Canetti, Cícero Dolácio, Deivison Souza, Jorge Camaño, Lorena Stolle, Thiago Oliveira e Verônica Kazama. Muito obrigado pelos momentos de descontração, empatia e aprendizado.

Aos meus valiosos e queridos amigos, das diferentes coordenadas geográficas deste planeta, que me acompanham, vibram comigo e me acolhem.

À minha família pelo incentivo e compreensão nos momentos da minha ausência, em especial à minha mãe por ser exemplo de força e resiliência.

Finalmente, aos pesquisadores da Embrapa Florestas Dr. Evaldo Muñoz Braz e Dra. Patrícia Póvoa de Mattos pelas valiosas contribuições e assertivas observações não apenas na realização deste trabalho, mas também ao longo da minha formação acadêmica, profissional e pessoal. Pelas oportunidades construídas, pelos momentos de conversa e de compreensão, por toda dedicação, o meu mais especial agradecimento a vocês.

O vento é sempre o mesmo, mas sua resposta é diferente em cada folha.

Somente a árvore seca fica imóvel entre borboletas e pássaros.

(Poema "O Vento" de Cecília Meireles, 1945)

RESUMO

Estudos sobre espécies de florestas tropicais são importantes à elaboração de diretrizes para o manejo sustentável e conservação desses recursos. O Bioma Mata Atlântica é um dos principais *hotspot* da biodiversidade do planeta e encontra-se totalmente fragmentado pela influência de matrizes não florestais nos seus ecossistemas. *Cedrela fissilis* é uma das espécies mais cosmopolitas nesse Bioma, pois apresenta elasticidade quanto as condições de luminosidade e a sua atividade cambial forma anéis de crescimento. É uma espécie muito explorada nos fragmentos da Mata Atlântica pela qualidade da madeira. Dessa forma, este trabalho investigou a dinâmica do crescimento em diâmetro de *Cedrela fissilis* nas regiões fitoecológicas da Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa, com o propósito de contribuir ao manejo sustentável e conservação da espécie no Bioma Mata Atlântica no Sul do Brasil. Um censo foi realizado para identificação de árvores-amostra de *Cedrela fissilis* (DAP ≥ 10 cm). Cada árvore determinou o centro de uma unidade amostral de área circular definida como sendo duas vezes o raio médio da copa, onde todas as árvores com DAP $\geq 3,18$ cm foram identificadas para uma análise florística e de competição com a árvore-objeto. Foram realizadas duas tradagens perpendiculares para obtenção de amostras de incremento da árvore-amostra. Modelos hipsométricos e de crescimento em diâmetro em função da idade foram ajustados para a espécie nas três tipologias florestais estudadas. De maneira geral, o remanescente localizado na Floresta Ombrófila Densa apresentou o valor do Índice de Diversidade de Shannon (H') de 3,01, o menor em comparação com as outras tipologias. A análise dos índices de competição mostrou que *Cedrela fissilis* está submetida a maior competição nas classes de diâmetro inferiores. O crescimento em altura dessa espécie tende a começar a se estabilizar a partir dos 25 cm de DAP, indicando o momento do alcance ao dossel. Pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$) foram observadas diferenças estatisticamente significativas do incremento entre as classes diamétricas da espécie nos três locais de estudo. O tempo de passagem foi menor no remanescente da Floresta Ombrófila Densa, demonstrando condições ambientais mais favoráveis ao crescimento de *Cedrela fissilis*. O modelo Weibull apresentou o melhor ajuste à trajetória do crescimento da espécie nas três áreas nas tipologias florestais estudadas. Entre as tipologias, a população de *Cedrela fissilis* na Floresta Ombrófila Densa apresentou culminação mais acelerada da curva de incremento em área basal. A espécie-foco neste estudo está em florestas secundárias sob regeneração e vem se desenvolvendo condicionada as características ambientais de cada local, especialmente a disponibilidade de luz. Portanto, são necessárias diretrizes de manejo florestal distintos para cada tipologia e ou estágio de regeneração da floresta onde a espécie se encontra.

Palavras-chave: Cedro. Dendrocronologia. Floresta Tropical. Manejo florestal. Incremento.

ABSTRACT

Studies on tropical forest species are important to understand the sustainable management and conservation guidelines of these resources. The Atlantic Forest Biome is one of the main biodiversity hotspots on Earth, however it is totally fragmented by the influence of non-forest matrices on its ecosystems. *Cedrela fissilis* is one of the most common tree species in the Atlantic biome. It is very adaptable and can live in varied light conditions, also its cambial activity forms growth rings. Due to the quality of its wood, it has been overexploited in the fragments of the Atlantic Forest. Thus, this work investigated the *Cedrela fissilis* growth diameter dynamics in the Deciduous Seasonal Forest, Mixed Ombrophilous Forest and Dense Ombrophilous Forest phytoecological regions. The purpose is to contribute to the sustainable management and conservation of the species in the Atlantic Forest Biome in southern Brazil. A census was carried out to identify *Cedrela fissilis* sample with DBH $\geq 3,18$ cm. A circular sampling unit was defined as twice the average crown radius, where all trees with DBH $\geq 3,18$ cm were identified for floristic analysis and competition to the object tree. Two perpendicular cores were taken to obtain *Cedrela fissilis* increment samples. Height-diameter and diameter growth models as a *Cedrela fissilis* age function were adjusted for the forest typologies studied. Essentially, the remnant located in the Dense Ombrophilous Forest revealed a Shannon Diversity Index (H') value of 3.01, the lowest compared to the other typologies. The analysis of competition indices showed that *Cedrela fissilis* has suffered higher competition among the lower diameter classes. The species height growth tends to begin to stabilize at 25 cm DBH, indicating the species moment to reach the canopy. Statistically significant differences were observed on the species diameter classes increment in all study sites by the Kruskal-Wallis test ($p \leq 0,05$). The passage time was shorter in the remnant of the Dense Ombrophilous Forest, which indicates that environmental conditions for the *Cedrela fissilis* growth are more favourable. The Weibull model showed the best fit to the species growth trajectory in all forest typologies studied. The population of *Cedrela fissilis* in the Dense Ombrophilous Forest presented the most accelerated culmination of the increase curve in basal area among the typologies. The focus species of this study is growing up in secondary forests, that is under regeneration, also its growing is developing conditioning to the environmental characteristics of each location, especially the availability of light. Therefore, different forest management guidelines are necessary for each typology and for forest regeneration levels where the species is found.

Keywords: Cedro. Dendrochronology. Tropical forest. Forest management. Increment.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ÁREAS DE ESTUDO.....	31
FIGURA 2 - DIÂMETRO DE <i>Cedrela fissilis</i> EM RESPOSTA AO NÍVEL DE COMPETIÇÃO EM REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA.....	49
FIGURA 3 - RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA DE <i>Cedrela fissilis</i> EM REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA Densa (FOD) E OMBRÓFILA MISTA (FOM) EM SANTA CATARINA	51
FIGURA 4 - BOX-PLOT DO INCREMENTO ANUAL DE <i>Cedrela fissilis</i> (DAP $\geq$ 10 cm) POR CLASSE DIAMÉTRICA NOS FRAGMENTOS DAS FLORESTAS ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) E RESULTADOS DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS.....	54
FIGURA 5 - TEMPO DE PASSAGEM MÉDIO POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA <i>Cedrela fissilis</i> NOS FRAGMENTOS DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD).....	56
FIGURA 6 - CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM FUNÇÃO DA IDADE AJUSTADA PELA EQUAÇÃO DE WEIBULL PARA <i>Cedrela fissilis</i> EM REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA.....	60
FIGURA 7 - EQUAÇÃO GERAL DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM FUNÇÃO DA IDADE DE WEIBULL AJUSTADA PARA <i>Cedrela fissilis</i> EM REMANESCENTES FLORESTAIS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA EM SANTA CATARINA.....	62
FIGURA 8 - CURVAS DE INCREMENTO EM DIÂMETRO PARA <i>Cedrela fissilis</i> NOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA.....	63

FIGURA 9 - CURVAS DE INCREMENTO EM ÁREA BASAL PARA INDIVÍDUOS DE <i>Cedrela fissilis</i> NOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA.	65
FIGURA 10 - CURVAS DE INCREMENTO EM ÁREA BASAL DAS POPULAÇÕES DE <i>Cedrela fissilis</i> NOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA.	66

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ÍNDICES DE COMPETIÇÃO AVALIADOS PARA AS POPULAÇÕES DE <i>Cedrela fissilis</i>	36
TABELA 2 - MODELOS DE RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS.....	38
TABELA 3 - MODELOS DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO AJUSTADOS EM FUNÇÃO DA IDADE PARA AS POPUAÇÕES DE <i>Cedrela fissilis</i>	40
TABELA 4 - ESPÉCIES IDENTIFICADAS NO FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA Densa EM SANTA CATARINA	41
TABELA 5 - MODELOS AJUSTADOS PARA DESCREVER OS ÍNDICES DE COMPETIÇÃO SELECIONADOS PARA OS FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED) E OMBRÓFILA Densa (FOD).....	48
TABELA 6 - COEFICIENTES DOS MODELOS DE RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA AJUSTADOS E SEUS RESPECTIVOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA <i>Cedrela fissilis</i> NOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA.....	50
TABELA 7 - COEFICIENTES DOS MODELOS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO AJUSTADOS EM FUNÇÃO DA IDADE E SEUS RESPECTIVOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA <i>Cedrela fissilis</i> NOS REMANESCENTES DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA	57

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

FED - Floresta Estacional Decidua

FOM - Floresta Ombrófila Mista

FOD - Floresta Ombrófila Densa

CAP - Circunferência a altura do peito

DAP - Diâmetro a altura do peito

IFFSC - Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina

ICA - Incremento Corrente Anual

IMA - Incremento Médio Anual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS	19
1.1.1 Objetivo geral	19
1.1.2 Objetivos específicos.....	19
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 BIOMA MATA ATLÂNTICA	20
2.1.1 Floresta Estacional Decidua.....	21
2.1.2 Floresta Ombrófila Mista	22
2.1.3 Floresta Ombrófila Densa.....	24
2.2 <i>Cedrela fissilis</i>	25
2.3 CRESCIMENTO	26
2.3.1 Dendrocronologia	26
2.4 DINÂMICA FLORESTAL	28
2.5 MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL.....	30
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO.....	31
3.1.1 Fragmento na região fitoecológica Floresta Estacional Decidua “D”	32
3.1.2 Fragmento na região fitoecológica Floresta Ombrófila Mista “C”	32
3.1.3 Fragmento na região fitoecológica Floresta Ombrófila Densa “S”	33
3.2 COLETA E DESCRIÇÃO DOS DADOS	34
3.3 COMPARAÇÃO DA VEGETAÇÃO ASSOCIADA A <i>Cedrela fissilis</i> NAS ÁREAS DE ESTUDO	35
3.4 ANÁLISE DA COMPETIÇÃO	35
3.5 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA.....	37
3.6 OBTENÇÃO DAS SÉRIES DE CRESCIMENTO DAS ÁRVORES-AMOSTRA.....	38
3.7 INCREMENTO EM DIÂMETRO E TEMPO DE PASSAGEM.....	39
3.8 MODELAGEM DO CRESCIMENTO NAS REGIÕES FITOECOLÓGICAS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA	39
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 ESTRUTURA DO ESTRATO ARBÓREO DA VEGETAÇÃO ASSOCIADA A <i>Cedrela fissilis</i> NO BIOMA MATA ATLÂNTICA EM SANTA CATARINA	41
4.1.1 Composição dos estratos arbóreos.....	41

4.1.2 Comparação entre áreas de estudo	45
4.2 AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE COMPETIÇÃO	47
4.3 CRESCIMENTO DE <i>Cedrela fissilis</i> NO BIOMA MATA ATLÂNTICA EM SANTA CATARINA	50
4.3.1 Relação hipsométrica	50
4.3.2 Crescimento diamétrico	52
4.3.3 Modelos de crescimento em diâmetro	57
4.3.4 Potencial de crescimento da espécie e da população	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS.....	71
ANEXO I – RESÍDUOS DO AJUSTE DOS MODELOS PARA DESCREVER O ÍNDICE DE COMPETIÇÃO	91
ANEXO II – RESÍDUOS DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA AJUSTADA PARA <i>Cedrela fissilis</i> EM FRAGMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL.....	92
ANEXO III – RESÍDUOS DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA AJUSTADA PARA <i>Cedrela fissilis</i> EM FRAGMENTO DA FLORESTA OMBRÓFILA Densa	93
ANEXO IV – RESÍDUOS DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA GERAL AJUSTADA PARA <i>Cedrela fissilis</i>	94
ANEXO V – RESÍDUOS PARA O AJUSTE DOS MODELOS DE CRESCIMENTO PARA <i>Cedrela fissilis</i> NO REMANESCENTE DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL.....	95
ANEXO VI – RESÍDUOS PARA O AJUSTE DOS MODELOS DE CRESCIMENTO PARA <i>Cedrela fissilis</i> NO REMANESCENTE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA.....	96
ANEXO VII - RESÍDUOS PARA O AJUSTE DOS MODELOS DE CRESCIMENTO PARA <i>Cedrela fissilis</i> NO REMANESCENTE DA FLORESTA OMBRÓFILA Densa.....	97

1 INTRODUÇÃO

As florestas tropicais e subtropicais estão entre os ecossistemas mais produtivos da Terra (DIXON et al., 1994; MELILLO et al., 1993), são importantes aos ciclos biogeoquímicos e à regulação do clima em escala regional e global (BAKER et al., 2017; BRIENEN et al., 2017; ZUIDEMA; BRIENEN; SCHÖNGART, 2012). Esses ambientes abrigam uma fração relevante da biodiversidade, mas se encontram sob pressão crescente de mudanças e intensificações no uso da terra, fragmentação associada, bem como mudanças climáticas e poluição (BARRUFOL et al., 2013; FAO, 2020; MATSUO et al., 2021).

O Bioma da Mata Atlântica, ou apenas Mata Atlântica, é uma das maiores áreas de biodiversidade tropical do mundo (MYERS et al., 2000), mas, altamente fragmentado, está na lista dos principais *hotspots* da biodiversidade no planeta (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005; MMA, 2010; ROBINSON et al., 2018; SILVA, ROCHA, MORRONE, 2017; INPE, 2019). No Brasil, esse Bioma apresenta várias fitofisionomias florestais, porém, no estado de Santa Catarina, basicamente destacam-se a Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa (IBGE, 2012; VELOSO et al., 1992), cujas fitocenoses incluem espécies florestais que também se encontram sob ameaça.

Cedrela fissilis é uma das espécies mais cosmopolitas da Mata Atlântica, com ocorrência desde a América Central até a região Norte da Argentina. Essa espécie apresenta adaptação fisiológica às condições lumínicas, tornando-a elástica para se desenvolver em diferentes estágios sucessionais de uma floresta (LONGHI, 1995; LORENZI, 2002; PINTO; OLIVEIRA-FILHO, 1999; REITZ, 1984). Além disso, *Cedrela fissilis* produz uma madeira que se assemelha com a do mogno brasileiro, com uso extremamente diversificado (CARVALHO, 2003; REITZ et al., 1978). Essas características colocaram a espécie na Lista Vermelha da Flora Brasileira como vulnerável à extinção (MARTINELLI; MORAES, 2013).

Os estudos sobre padrões de crescimento das espécies florestais são uma ferramenta facilitadora para a realização de um manejo adequado à sustentabilidade e conservação de florestas (MACHADO et al., 2006; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a; CANETTI et al., 2016; DE RIDDER et al., 2013; MATTOS et al., 2010; BRAZ et al., 2015; MIRANDA et al., 2018; SCHÖNGART, 2008; SCHÖNGART et al., 2005; WORBES et al., 2003) contribuindo também ao entendimento do funcionamento

desses ecossistemas (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 2006; CHAZDON, 2014). Um dos pontos mais críticos do manejo florestal é desenvolver planos a partir de estimativas confiáveis de idades e taxas de crescimento com base na compreensão da dinâmica, estrutura e composição da floresta que a espécie de interesse se encontra, a fim de determinar ciclos ideais de corte (BARBIER et al., 2021; HARIPOUDYAL; MARASENI; COCKFIELD, 2018; VESTER; NAVARRO-MARTÍNEZ, 2021). A ausência dessas informações e insustentáveis práticas florestais, contribuem para que muitas espécies entrem em condição de ameaça (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a; SCHÖNGART, 2008; ZUIDEMA; BRIENEN; SCHÖNGART, 2012).

Os anéis de crescimento são uma das mais importantes ferramentas para buscar informações sobre o crescimento de espécies de florestas tropicais (SCHWEINGRUBER, 1996). Nesse campo, a dendrocronologia tem sido amplamente utilizada para se conhecer a trajetória de crescimento dessas espécies e, conseqüentemente, a estratégia e dinâmica ao longo da vida da árvore ou população (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a; SCHÖNGART, 2008; MATTOS et al., 2015).

Informações sobre anéis de crescimento coletados em diversas regiões do planeta podem trazer respostas às questões relacionadas ao clima ou ecossistema, no âmbito local ou continental (BABST et al., 2018). No entanto, essa atividade cambial também expressa a duração do ciclo de crescimento da árvore que está relacionada com a capacidade produtiva da espécie florestal (WORBES; SCHÖNGART, 2019; BRAZ et al., 2015; INGA; DEL VALLE, 2017; MATTOS et al., 2015; ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011; SCHÖNGART, 2008).

Nas regiões tropicais e subtropicais, a diversidade de ecossistemas pelas características edafoclimáticas fazem com que as espécies apresentem respostas distintas aos estímulos dos ambientes (WORBES, 1992; BRIENEN; SCHÖNGART; ZUIDEMA, 2016; ISLAM; LOCOSSELLI; BUCKERIDGE, 2017; RAHMAN; BRÄUNING, 2018). Nesse sentido, muitos estudos têm buscado descrever padrões de crescimento de espécies de florestas tropicais e subtropicais a partir dos seus anéis de crescimento (ALBIERO-JÚNIOR et al., 2021; PUMIJUMNONG et al., 2021; STEPKA et al., 2021; ARAGÃO; GROENENDIJK; LISI, 2019; HOFFMAN et al., 2021; LEFLAND et al., 2018; MIRANDA et al., 2018; BRAZ et al., 2015; MATTOS et al., 2010, 2015; SCHÖNGART, 2008; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a).

Dessa forma, este trabalho investigou a dinâmica do crescimento em diâmetro de *Cedrela fissilis* nas regiões fitoecológicas da Floresta Estacional Decidua, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa, com o propósito de contribuir ao manejo sustentável e conservação da espécie no Bioma Mata Atlântica no Sul do Brasil. As hipóteses que direcionam este trabalho são: i) *Cedrela fissilis* apresenta crescimento diferente nas três tipologias florestais; e ii) As características edafoclimáticas e o estágio de regeneração que a floresta se encontra exercem influência no crescimento e produtividade da espécie.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Investigar a dinâmica do crescimento em diâmetro de *Cedrela fissilis* em três regiões fitoecológicas no Bioma Mata Atlântica no Sul do Brasil, como base ao manejo sustentável da espécie.

1.1.2 Objetivos específicos

a) Caracterizar a estrutura dos fragmentos florestais estudados, tendo *Cedrela fissilis* como espécie foco.

b) Correlacionar variáveis dendrométricas de *Cedrela fissilis* em diferentes níveis de competição nos fragmentos florestais nas regiões fitoecológicas estudadas.

c) Ajustar equações de crescimento em diâmetro em função da idade para *Cedrela fissilis* nas diferentes regiões fitoecológicas estudadas.

d) Indicar estratégias ao manejo sustentável de *Cedrela fissilis* nas diferentes regiões fitoecológicas.

Os resultados deste trabalho visam proporcionar (a) conhecimento sobre a capacidade de produção biológica de *Cedrela fissilis* em florestas secundárias do Bioma Mata Atlântica; (b) instrumentos ao manejo e a conservação de espécies nativas; (c) elementos à revisão de políticas ambientais sobre o manejo e a conservação da espécie e dos ecossistemas florestais em que está inserida; e (d) incentivo ao desenvolvimento de pesquisas sobre a dinâmica de crescimento de espécies nativas em florestais naturais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 BIOMA MATA ATLÂNTICA

Conforme a classificação fitogeográfica mundial, a vegetação do bioma Mata Atlântica originalmente se estendia por toda a costa brasileira tropical atlântica e as regiões de Misiones, na Argentina, e o Leste do Paraguai, entre as latitudes de 5° N a 33° S e longitudes de 35° W a 52° W, com altitudes que variam de 0 a 2.200 m (IBGE, 2012; VELOSO et al., 1992). No Brasil, a Mata Atlântica ocupava aproximadamente 1.360.000 km² do território nacional (GALINDO & CÂMARA, 2005; BRASIL, 2010), sendo que 70% dessa cobertura era constituída de florestas e o restante de formações abertas e campos (RIZZINI, 1997).

A Mata Atlântica era considerada até a década de 1970 como uma ilha florestal na porção leste da América do Sul com os seus limites definidos pela diagonal da seca no Brasil e o Chaco no Paraguai (AB'SABER, 1977). Atualmente, entende-se que as fronteiras do Bioma Mata Atlântica no Brasil são florestais, definidos pelos Biomas Caatinga e Cerrado. A Mata Atlântica abriga mais da metade de todas as espécies terrestres da Terra (GALINDO & CÂMARA, 2005), por isso é conhecida como uma das 25 áreas de maior biodiversidade e endemismo no planeta (MYERS, N. et al., 2000).

Em contrapartida à essas características biogeográficas, a Mata Atlântica tem sido submetida à exploração dos recursos ambientais e ao surgimento das maiores cidades brasileiras desde o início da colonização europeia há mais de 500 anos no Brasil. Esse bioma possui grande parte das terras cultivadas do Brasil, sendo que mais de 125 milhões de pessoas o habitam (LAPOLA et al., 2014).

O produto dessas interações é a perda aproximada de 88 % da área original do bioma segundo relatório do Instituto Nacional de Pesquisas Especiais e da Fundação SOS Mata Atlântica (INPE, 2019) que contabilizou apenas os remanescentes acima de 3 ha, considerados como essenciais à conservação da biodiversidade em longo prazo. Essa condição, colocou o Bioma Mata Atlântica na lista dos principais *hotspots* da biodiversidade no planeta (GALINDO-LEAL; CÂMARA, 2005; BRASIL, 2010; SILVA, ROCHA, MORRONE, 2017; ROBINSON et al., 2018; INPE, 2019).

Apesar da degradação ao longo de séculos do Bioma Mata Atlântica, a legislação brasileira, por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), reconheceu o domínio da Mata Atlântica em 1992, cuja consolidação dada pela Lei nº 11.428/2006 foi regulamentada pelo Decreto nº 6.660 apenas em 2008 (BRASIL, 2008). Esse arcabouço legal dispõe critérios ao uso sustentável e conservação do Bioma, além de definir quais formações florestais nativas e ecossistemas associados integram o Bioma Mata Atlântica.

Considerando a vegetação, as principais fitofisionomias da Mata Atlântica são a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista, também denominada de Mata de Araucárias, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. Também são parte do Bioma os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encaves florestais do Nordeste (IBGE, 2012; VELOSO et al., 1992). Essas formações fitoecológicas são diferenciadas basicamente por características ecológicas, aspectos geológicos e climáticos.

O estado de Santa Catarina, na região Sul do Brasil, embora esteja integralmente no Bioma Mata Atlântica (IBGE, 2012; VELOSO et al., 1992), é coberto por apenas três formações florestais, onde a Floresta Ombrófila Mista está situada nas regiões de altitude; a Floresta Estacional Decidual, na região Oeste do estado; e a Floresta Ombrófila Densa, situada próximo da encosta Atlântica (LEITE; KLEIN, 1990). Ainda estão presentes no estado outras unidades fitogeográficas que não fazem parte deste estudo, como vegetação litorânea e campos naturais.

2.1.1 Floresta Estacional Decidual

A região fitoecológica Floresta Estacional Decidual (FED) é também conhecida como Floresta Estacional Tropical Seca (GASPER et al., 2013; GENTRY, 1995), ou ainda, como Floresta Subtropical Atlântica ou Floresta Pluvial do Alto-Uruguai (KLEIN, 1972; RAMBO, 1956). É caracterizada nas áreas tropicais e subtropicais pelos gêneros de origem afro-amazônica, como *Peltophorum*, *Anadenanthera* e *Apuleia* (IBGE, 2012).

A origem da FED e sua distribuição se deve às oscilações climáticas do período Pleistoceno. Entretanto, entende-se que atualmente a sua área de ocorrência natural foi contraída pelas condições climáticas do Holoceno

(PENNINGTON; LAVIN; OLIVEIRA-FILHO, 2009; PENNINGTON; PRADO; PENDRY, 2000).

Essa fitofisionomia ocorre em áreas com altitudes que variam de 150 a 800 m e com precipitação inferior a 1.600 mm anuais (IBGE, 2012; REITZ; KLEIN; REIS, 1978; VELOSO et al., 1992). A sazonalidade climática nas regiões dessa floresta promove períodos de 5 a 6 meses com precipitações mensais inferiores a 100 mm (GENTRY, 1995).

Essa característica de clima exige adaptação fisiológica de algumas espécies quando submetidas à deficiência hídrica ou a períodos com baixa temperatura (IBGE, 2012; KLEIN, 1972; VELOSO et al., 1992; VELOSO; RANGEL-FILHO; LIMA, 1991). Dessa maneira, a vegetação do estrato superior da floresta perde mais de 50% das folhas nesses períodos de estresse (IBGE, 2012).

A distribuição dessa floresta em Santa Catarina acontece ao longo da bacia hidrográfica do Rio Uruguai, fazendo contato com a Floresta Ombrófila Mista pelos afluentes desse rio. Nesse estado, a região fitoecológica da FED cobria uma área aproximada de 7.946 km², aproximadamente 8% do território catarinense (KLEIN, 1978). Entretanto, estima-se que apenas 16,1% são remanescentes da área original e entre as fitofisionomias florestais de Santa Catarina é a mais fragmentada (VIBRANS et al., 2012).

A ocupação dessa região fitogeográfica aconteceu pela exploração madeireira para estabelecer a migração do Rio Grande do Sul na primeira metade do século XX. Essa atividade fomentou a exportação de madeira catarinense, escoada até a Argentina e Uruguai pelo Rio Uruguai (PIAZZA, 1994). Portanto, a redução da cobertura vegetal da FED é uma consequência da ocorrência de espécies de valor madeireiro aliada à qualidade do solo ao desenvolvimento de atividades agrícolas (KLEIN, 1972; SCHORN et al., 2014).

2.1.2 Floresta Ombrófila Mista

A região fitoecológica Floresta Ombrófila Mista (FOM), conhecida também como Floresta com Araucária, é uma tipologia florestal predominante no Planalto Sul brasileiro, caracterizando-se pela presença de representantes de gêneros primitivos de origem australásica (*Drymis* e *Araucaria*) e do gênero *Podocarpus*, de origem afro-asiática (IBGE, 2012). Essa fitofisionomia é encontrada principalmente nos

estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além de encaves nas serras da Mantiqueira e do Mar, localizados nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, também a leste do Paraguai e nordeste da Argentina. Ainda, pode-se considerar a FOM como a principal formação florestal presente nas latitudes sul de 18° a 30° (SOUZA et al., 2012).

A FOM é resultante da composição de floras de diferentes origens, definindo padrões fitofisionômicos típicos em zona climática pluvial. A área onde a coexistência de representantes da flora tropical (afrobrasileira) e temperada (austro-brasileira), com o predomínio fisionômico de Coniferales e Laurales, corresponde ao Planalto Meridional Brasileiro, que é a área de dispersão natural de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (IBGE, 2012; LEITE; KLEIN, 1990). Essa espécie, pelas suas características dendrométricas, é a conífera mais importante da flora brasileira (NARVAES; BRENA; LONGHI, 2005).

A existência da FOM nas regiões de planalto se deve às variações do clima a partir da segunda metade do Holoceno (BEHLING, 1997). A movimentação da Floresta com Araucárias em Santa Catarina aconteceu dos vales para o planalto pelo aumento de umidade e precipitação e diminuição de períodos de seca (BEHLING, 1995, 1997; BEHLING; PILLAR; BAUERMANN, 2004; ROBINSON et al., 2018).

A distribuição natural da FOM acontece exclusivamente em altitudes entre 500 m a pouco mais de 1000 m, ocorrendo em altitudes inferiores com raridade, em manchas ocasionais (KLEIN, 1978). Altitudes variando entre 500 e 800 m enquadram-se na formação Montana, regiões que se caracterizam fisicamente por um clima sem época seca, porém com um período frio curto ou ausente e período quente longo. Por outro lado, as altitudes superiores aos 800 m são consideradas como áreas mais típicas e representativas da Floresta Ombrófila Mista, com clima mais frio e maiores índices de geadas. Caracteriza-se também pela ausência de período seco e ocorrência de longo período frio, com período quente curto ou ausente (IBGE, 2012; RAMBO, 1956).

A FOM era a vegetação mais expressiva em Santa Catarina, pois originalmente estava presente em 42.851,56 km², aproximadamente 45% do território do estado (KLEIN, 1978). Atualmente, estima-se que restam apenas 13.741,3 Km², cerca de 24% da área original dessa fitofisionomia sobre o território catarinense (VIBRANS et al., 2013a).

A redução da cobertura da FOM, bem como a sua descaracterização, é resultado da intensidade da exploração madeireira e a conversão da cobertura do solo para o desenvolvimento das atividades agropecuárias (FRITZSON; WREGE; MANTOVANI, 2018; VIBRANS et al., 2011).

2.1.3 Floresta Ombrófila Densa

A região fitoecológica Floresta Ombrófila Densa (FOD), também conhecida como Floresta Tropical Pluvial ou Floresta Sempre-Verde, acompanha a costa do Oceano Atlântico desde o estado do Rio Grande do Norte até o estado do Rio Grande do Sul. O principal aspecto que difere a sua vegetação das demais é a abundância de lianas e epífitas (KLEIN, 1978; LEITE; KLEIN, 1990). Além disso, a sua vegetação é caracterizada pelos gêneros primitivos *Taluma* e *Vochysia* que, respectivamente, têm origem austral e afro-amazônica (IBGE, 2012).

A elevada biodiversidade da FOD é o resultado da extensão dessa fitofisionomia sobre ambientes heterogêneos distribuídos em diferentes latitudes e longitudes, com geologias e geomorfologias distintas. A FOD ocorre sobre diferentes solos, climas e serve como rota migratória para muitos animais (MORELLATO; HADDAD, 2000).

Essa extensa faixa florestal atinge altitudes de até 1000 m acima do nível do mar (IBGE, 2012; LEITE; KLEIN, 1990). O clima nessa região fitoecológica é caracterizado por altas temperaturas e precipitação elevada com boa distribuição ao longo do ano. Portanto, mesmo estando em zona extratropical, a FOD apresenta clima tropical com temperatura média de 25 °C e ausência de períodos biologicamente secos (IBGE, 2012). Esse aspecto explica o emprego da expressão ombrófila.

A vegetação atual que compõe a FOD em Santa Catarina é consequência do período de aquecimento da Terra no início do Holoceno. Durante o último período glacial que durou até 14.000 anos antes do presente, as florestas tropicais da costa atlântica brasileira migraram para áreas mais ao norte do Brasil (BEHLING, 1995) ou sobreviveram em ilhas úmidas entre os estados de São Paulo e Espírito Santo (AB'SABER, 1977). Após o final do Pleistoceno, com a fase de aquecimento, essa vegetação que sobreviveu em locais climaticamente favoráveis migrou gradativamente, incluindo as terras baixas de Santa Catarina (BEHLING, 1995).

A cobertura original da FOD em Santa Catarina se estendia por 27.555 km², cerca de 31% do território, sendo a segunda maior fitofisionomia florestal do estado (KLEIN, 1978). No entanto, a sua cobertura foi diminuída em 60%, restando aproximadamente 12.619 Km² dessa região fitoecológica, mas ainda é a região fitogeográfica com os maiores fragmentos entre as fitofisionomias florestais do Bioma Mata Atlântica em Santa Catarina (VIBRANS et al., 2013b).

A FOD é considerada a fitofisionomia com a maior biodiversidade do Bioma Mata Atlântica, entretanto, como a sua ocorrência acompanha a costa atlântica, é a área mais habitada e com maiores atividades econômicas do Brasil.

O processo de ocupação e exploração dessa fitofisionomia florestal foi intenso, considerando o corte e extração de madeira, implantação de agricultura, pecuária e mineração, crescimento dos centros urbanos, incluindo os balneários e as indústrias (PIRES; ZILLI; BLUM, 2005; POLETTE; SILVA, 2007; SEVEGNANI, 2002). Nesse sentido, o processo de degradação dessa fitofisionomia florestal em Santa Catarina não difere da sua história nos demais locais da sua ocorrência no Brasil.

2.2 *Cedrela fissilis*

Cedrela fissilis, conhecida popularmente como cedro, possui ampla distribuição nas florestas da América do Sul. Presente desde a Amazônia, no extremo norte do continente, até as Florestas Estacionais e Ombrófila Densa e Mista, características da região Sul (LONGHI, 1995; LOPES et al., 2000; MENDONÇA et al., 2000; MARIMON & LIMA, 2001; PEREIRA et al., 2018; HAMMERSCHLAG et al., 2019). Pertencente à família Meliaceae, apresenta entre 20 e 300 cm de diâmetro à altura do peito, pode alcançar 40 m de altura na vida adulta (CARVALHO, 2008) e ultrapassar os 240 anos de idade (GRANATO-SOUZA et al., 2018). Apresenta tronco cilíndrico reto ou pouco tortuoso. A superfície da casca externa é marrom a acinzentada, com fissuras longitudinais profundas, muito típicas da espécie. Enquanto a casca interna é avermelhada a amarelada (IVANCHECHEN, 1988).

Essa espécie pertence ao grupo das ameaçadas de extinção no ecossistema brasileiro (PAULILO et al., 2007; MARTINELLI; MORAES, 2013) e apresenta grande importância econômica e ecológica. Isso se deve à sua ampla utilização em

marcenarias, construção naval e aeronáutica (XAVIER et al., 2003), bem como, a sua recomendação e utilização na recuperação de áreas degradadas e de matas ciliares não inundáveis (DURIGAN et al., 1990). Além de ser uma espécie que pode ser adotada em projetos de arborização urbana (LORENZI, 2002).

Os anéis de crescimento de *C. fissilis* estão relacionados à fenologia foliar decidual e à dormência cambial no período seco. Esta espécie perde todas as folhas durante o período seco, e novas folhas são repostas durante a estação chuvosa, coincidindo com a formação do lenho, e proporcionando a formação de anéis de crescimento (MARCATI et al. 2006). Os anéis de *C. fissilis* apresentam característica porosa, podem ser facilmente identificados devido aos padrões dos vasos, caracterizados por uma mudança gradual no diâmetro dos vasos do lenho inicial para o lenho tardio (DÜNISCH et al., 2002), e delimitados por um parênquima marginal (DÉTIENNE e JACQUET 1983; MARCATI et al. 2006).

A espécie *C. fissilis* ocorre principalmente em solos profundos e úmidos, mas bem drenados (CARVALHO, 2008) e pertence ao grupo das espécies sucessionais secundárias iniciais, secundárias tardias e clímax (CARVALHO et al., 2007; DAVID et al., 2016). O cedro se desenvolve no interior da floresta primária, regenerando-se em clareiras ou bordas de mata (COSTA & MANTOVANI, 1992), tornando-se mais agressivo na vegetação secundária (CARVALHO, 2008).

2.3 CRESCIMENTO

2.3.1 Dendrocronologia

A dendrocronologia é uma ciência que tem se dedicado à datação das camadas de crescimento das árvores e interpretação de eventos passados. Essa ciência é definida pelo estudo e associação dos anéis de crescimento anuais a um calendário específico, por isso é considerada como o único método pelo qual a completude do tempo pode ser afirmada pela comparação de duas séries de crescimento datadas (FRITTS, 1976; FRITTS; SWETNAM, 1989).

Essa ciência, pela utilização da variabilidade do anel de crescimento como análise retrospectiva, permite indicar a idade e o crescimento em diâmetro das árvores e relacioná-lo com variáveis ambientais (FRITTS, 1976; SPEER, 2009). As variáveis ambientais que mais influenciam o crescimento de um indivíduo arbóreo

são a sazonalidade do clima e os fatores ecológicos e ambientais intra e interespecíficos. Deste modo, diversos fatores podem ser considerados no estudo dos anéis de crescimento de espécies tropicais e subtropicais, como o genótipo da espécie, a variação do clima e a dinâmica da floresta natural (DURGANTE, 2016).

A marcante sazonalidade climática nas regiões temperadas facilita o registro da dormência cambial na madeira. Essa característica ambiental fez com que alguns pesquisadores levantassem dúvidas sobre a formação de anéis anuais nos trópicos, onde a temperatura é mais constante, pois acreditavam que esse seria o fator ambiental limitante para a formação dos anéis (JACOBY, 1989). No entanto, atualmente sabe-se que a precipitação é o fator de estresse mais comum ao crescimento de espécies nas florestas tropicais, e não a temperatura (BRIENEN; SCHÖNGART; ZUIDEMA, 2016). A vista disso, muitos trabalhos vêm contribuindo com o estudo dos anéis de crescimento em espécies tropicais, especialmente na América do Sul. Entre os estudos, alguns têm buscado conhecer a idade e taxa de crescimento de árvores tropicais (WORBES, 1995, 2002; DÜNISCH; BAUCH; GASPAROTTO, 2002; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; MATTOS et al., 2010, 2015; ROZENDAAL et al., 2010; ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011; ZUIDEMA; BRIENEN; SCHÖNGART, 2012; CANETTI et al., 2016; STEPKA et al., 2021), outros procuram entender, através do crescimento, as respostas fisiológicas das árvores às variações do ambiente ao longo do tempo (WORBES, 1992; BRIENEN; ZUIDEMA, 2005; DÜNISCH, 2005; BRIENEN et al., 2017; LISI et al., 2020). Deste modo, a dendrocronologia é uma importante ferramenta para orientar planos de manejo sustentável para florestas tropicais e subtropicais e conduzir estudos sobre aquelas nunca estudadas.

A formação dos anéis de crescimento se comporta de maneira distinta nos diversos estágios de desenvolvimento arbóreo e sob características ambientais diferentes. Esses podem ser formados em intervalos regulares, como anéis anuais ou até bianuais, ou intervalos irregulares, conforme a sazonalidade das condições ambientais e a ocorrência de distúrbios no interior da floresta (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; JACOBY, 1989). Dessa maneira, a pressão por competição e a dinâmica de clareiras, que alteram o acesso à luz dos indivíduos que estão no sub-bosque (WHITMORE, 1989; WORBES, 2002), e os diferentes estímulos ao crescimento de árvores individuais em ambientes diferentes (COSTA et al., 2013) podem formar anéis falsos ou ausentes. A formação desses tipos de anéis acontece em florestas

de clima temperado e tropical. Portanto, é necessária atenção no estudo de espécies novas ou de espécies conhecidas em locais ainda não estudados (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006).

A distinção dos efeitos do ambiente sobre a formação dos anéis de crescimento é feita pela datação cruzada, permitindo que anéis ausentes ou falsos sejam identificados (BRADLEY, 1999; DOUGLASS, 1941). Nessa técnica, as séries de crescimento dentro de uma mesma árvore ou entre árvores são comparadas a fim de sincronizá-las, assumindo que, ano a ano, a largura do anel de crescimento é condicionada por fatores ambientais que afetam todas as árvores de um determinado local (BAILLIE, 1995). Pela sincronicidade dos padrões de crescimento, esse processo permite a criação de uma série mestre (FRITTS, 1976; WIGLEY; JONES; BRIFFA, 1987).

2.4 DINÂMICA FLORESTAL

A complexidade e diversidade biológica são características das florestas tropicais e subtropicais localizadas em diferentes ambientes da Terra. Essa complexidade e a heterogeneidade de comunidades florestais são reflexos das interações bióticas e distúrbios abióticos e a relação dessas variáveis com as escalas de tempo e espaço (CASWELL; COHEN, 1991; WHITMORE, 1990). Assim, as florestas podem ser consideradas como sistemas dinâmicos influenciados por distúrbios antrópicos ou naturais, os quais provocam mudanças em árvores individuais, em populações e na comunidade florestal.

O desenvolvimento dos estudos sobre a dinâmica florestal tem sido realizado pela análise das mudanças ocorridas sobre a mortalidade, recrutamento e crescimento da vegetação (CONDIT, 1995; GASPER et al., 2014; NEILSON et al., 2005; REES et al., 2001; SWAINE; WHITMORE, 1988; THUILLER et al., 2008). As influências sobre esses parâmetros podem vir de fatores externos, como as condições climáticas, a disponibilidade de luz e nutrientes, ou da própria ecologia das espécies (BROOKER, 2006; WHITMORE, 1989). Dessa forma, árvores de diferentes tamanhos que ocupam diferentes estratos no dossel competem de maneira diferente por água, luz e outros recursos ao longo da sucessão florestal, especialmente quando esses recursos são fatores limitantes ao crescimento.

Por definição, a competição é a interação entre indivíduos, que acarreta a redução da sobrevivência, crescimento e reprodução dos concorrentes (BEGON; HARPER; TOWNSEND, 1996). O efeito dessa interação pode levar anos para ser percebido e, ainda, pode ser influenciado pelas estratégias ecológicas das espécies, se são tolerantes ou competidoras, nas comunidades que estão inseridas. Portanto, a relação planta-planta exerce papel importante na regulação da composição florística e na dinâmica de florestas (BROOKER, 2006; BROOKER; KIKVIDZE, 2008; KUNSTLER et al., 2011).

Na regeneração, pelo processo de sucessão das florestas tropicais e subtropicais, além das interações bióticas, a ocorrência de distúrbios abióticos também exerce um papel importante que auxilia o estabelecimento de plântulas (CHAZDON, 2003; CLARK, 1990). Geralmente esses distúrbios, provocados por falhas estruturais devido à queda de galhos ou de árvores, que são de origem natural ou antrópica, formam lacunas no dossel que favorecem a incidência de luz ao sub-bosque, liberando o crescimento de espécies não pioneiras ao dossel ou facilitando o início da sucessão por espécies pioneiras. Assim, se por um lado as clareiras podem retardar a supressão de espécies pela diminuição dos efeitos da dominância, por outro elas influenciam a dinâmica através de alterações na composição florística da comunidade e nas taxas de crescimento de espécies (BROKAW, 1985; CHAZDON et al., 1996; DENSLOW, 1980, 1987; VAN DER MEER; BONGERS, 1996; WHITMORE, 1989).

A disponibilidade de luz, entre os fatores ambientais que influenciam a dinâmica de florestas naturais, é provavelmente o recurso que mais limita o crescimento e a sobrevivência (CHAZDON et al., 1996; STRAUSS-DEBERIEDETTI; BAZZAZ, 1996). Embora as respostas em crescimento pelo acesso à luz são distintas para espécies de diferentes grupos sucessionais, estudos dos anéis de crescimento têm comprovado que as mudanças temporais nos níveis de luz às árvores refletem no crescimento em diâmetro (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006; WEBER et al., 2008). Portanto, a disponibilidade de luz aliada à capacidade de sua utilização pelas plantas, é um componente importante que influencia o crescimento sob ambiente competitivo no largo contexto da dinâmica florestal (CHAZDON et al., 1996).

2.5 MANEJO FLORESTAL SUSTENTÁVEL

As florestas cobrem cerca de 31% da superfície terrestre da Terra, o equivalente a 4,06 bilhões de hectares conforme avaliação mundial sobre os recursos florestais (FAO, 2020). Esses ambientes estão distribuídos irregularmente sobre o globo e proporcionam sobrevivência e bem-estar a uma considerável parte da população mundial (FAO, 2020; SIRY; CUBBAGE; AHMED, 2005). À vista disso, o manejo florestal concebido de forma sustentável é a chave para aliar a conservação dos recursos ambientais ao desenvolvimento econômico dos multiprodutos florestais e à sobrevivência de populações tradicionais.

O conhecimento das diversas demandas da humanidade sobre os recursos florestais e seus serviços ecológicos não é recente (DIETERICH, 1953). No entanto, uma percepção do manejo florestal restrito aos fins econômicos persistiu por muito tempo (ASSMANN, 1970). As adaptações sobre as práticas do manejo da produção florestal, por meio da inclusão das dimensões ambientais e sociais, apenas começaram a ser implementadas a partir das discussões ambientais nas décadas de 1980 e 1990 (CASTAÑEDA, 2000). Desde então, a redução do impacto na produção de madeira tem sido proposta para viabilizar o manejo florestal sustentável (PUTZ et al., 2008).

O sucesso do manejo florestal sustentável depende do conhecimento sobre as taxas de crescimento de espécies florestais em locais específicos e requer entendimento da dinâmica da floresta. Essas informações, quando obtidas por meio de parcelas permanentes, são limitadas pelo curto período de análise quando se considera as idades de florestas maduras (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a; CONDIT; HUBBELL; FOSTER, 1995; SCHÖNGART, 2008; WORBES et al., 2003). Em função dessa limitação, estudos têm utilizado a análise dos anéis de crescimento para gerar conhecimento base ao manejo sustentável de florestas naturais (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a, 2006b; CANETTI et al., 2016; DE RIDDER et al., 2013; MATTOS et al., 2010; SCHÖNGART, 2008; SCHÖNGART et al., 2005; STEPKA et al., 2021; WORBES et al., 2003; WORBES; SCHÖNGART, 2019).

Entretanto, graus mais elevados de sustentabilidade no manejo de florestas naturais dependem também da eficácia de políticas públicas. Em uma escala global, aproximadamente 97% das florestas são geridas por alguma política que reporta o manejo sustentável (MACDICKEN et al., 2015). No Brasil, o manejo sustentável das

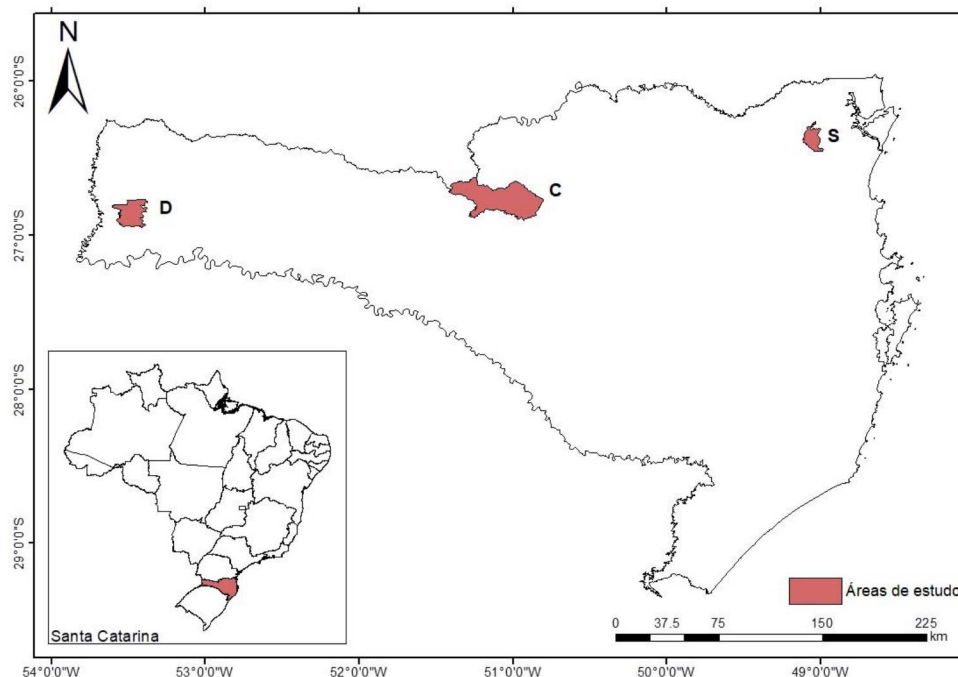
florestas é previsto nas leis nº 11.284/2006 e 12.651/2012, que dispõem, respectivamente, sobre a gestão de florestas públicas para produção sustentável e código florestal brasileiro (BRASIL, 2006, 2012). Contudo, as ações de fiscalização e monitoramento ainda são insuficientes e restringem os avanços na implementação da sustentabilidade no uso das florestas nativas brasileiras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 DESCRIÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

As áreas deste estudo são fragmentos florestais da Floresta Estacional Decidual, Ombrófila Mista e Ombrófila Densa, localizados, respectivamente, nos municípios de Descanso, Caçador e Schroeder no estado de Santa Catarina (FIGURA 1). A escolha desses ambientes considerou a semelhança no estágio de regeneração que eles se encontram e a ocorrência natural de *C. fissilis*.

FIGURA 1 - ÁREAS DE ESTUDO



Nota: no mapa, a letra "D" representa o município de Descaso, "C" Caçador e "S" Schroeder.

FONTE: O autor (2021).

3.1.1 Fragmento na região fitoecológica Floresta Estacional Decidual “D”

Essa área está localizada no interior do município de Descanso na região Extremo Oeste catarinense. Com aproximadamente 41,9 ha, o remanescente faz parte de cinco propriedades agrícolas com coordenadas geográficas de 26°49'18" S e 53°34'22" W e com altitude média de 500 m.

A vegetação é caracterizada como secundária em estágio avançado de regeneração, conforme Resolução CONAMA nº 04 (BRASIL, 1994). A densidade da espécie em estudo nesse remanescente é três árvores por hectare, tendo sido encontrados 126 indivíduos de *C. fissilis* pelo caminhamento nos 41,9 ha. Considerando o histórico da área, baseado em relatos dos proprietários, o uso predominante no passado foi a agricultura iniciada pelo extrativismo vegetal sobre as madeiras nobres.

A área está inserida em uma região edafoambiental homogênea, sendo que grande parte dos solos tem cor vermelha e textura argilosa (UBERTI, 2005). Esses solos são eutróficos e originados de basalto amigdaloidal bem drenados. A taxonomia restringe-se a Nitossolos, Cambissolos, Chernossolos e Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 2018). A região faz parte do Planalto Meridional do Brasil, portanto, o relevo é ondulado com presença de escarpas.

O clima é do tipo Cfa (KÖEPPEN, 1948), subtropical úmido, sem período seco definido e com alta intensidade e regularidade pluviométrica. A precipitação média anual é de 1.878 mm. É possível determinar pelos índices térmicos da região dois períodos distintos: um período de quatro a cinco meses com médias compensadas iguais ou superiores a 20 °C e outro com duração de dois a três meses com médias iguais ou inferiores de 15 °C. O clima é quente-úmido durante boa parte do ano e conserva caráter frio por determinado período (IBGE, 2012), possível de imprimir restrições à proliferação e ao desenvolvimento de muitas espécies tipicamente tropicais.

3.1.2 Fragmento na região fitoecológica Floresta Ombrófila Mista “C”

A Reserva Florestal da EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) foi escolhida para o desenvolvimento deste estudo. A área possui 1.194 ha e está localizada no interior do município de Caçador, região Centro-Oeste

de Santa Catarina, nas coordenadas 26°49'00" S e 50°53'00" W. A altitude média é de 1.000 m.

A Reserva foi declarada área de utilização pública pelo Decreto 25.407 (BRASIL, 1948). Apesar de ser considerada um dos maiores remanescentes contínuos da Floresta Ombrófila Mista, pode-se considerar sua vegetação como secundária em estágio avançado de regeneração quando observadas as disposições da Resolução CONAMA nº 04 (BRASIL, 1994). Os maiores exemplares de *C. fissilis* ainda remanescentes no Sul do Brasil estão na área da Reserva (ROSOT et al., 2007). O histórico de ocupação da região na qual a área de estudo está inserida é marcado pela exploração de madeiras nativas intensificada a partir da construção da estrada ferroviária ligando São Paulo ao Rio Grande do Sul pela Companhia Ferroviária Lumber na primeira metade do século XX (THOMÉ, 2018). Um estudo analisou uma faixa de 2 km no entorno da Reserva Florestal onde o uso da terra ficou caracterizado por reflorestamento (37,54%), lavoura e pastagem (28,06%) e vegetação nativa (21,47%) (KURASZ et al., 2008). Portanto, a ausência de maiores áreas de vegetação nativa coopera com o estado atual de conservação do fragmento em estudo.

A área localiza-se na parte oeste da formação Serra Geral, caracterizada por rochas vulcânicas em derrames basálticos com inclusões efusivas ácidas e os solos são predominantemente Nitossolos Háplicos e Cambissolos Húmicos (EMBRAPA, 2018). O clima dessa região é tipo Cfb (Köppen), classificado como subtropical úmido sem estação seca, com características de clima temperado constantemente úmido e verão fresco. A temperatura média anual é de 15,3°C, com a máxima média de 22°C e a mínima média de 9,9 °C (EPAGRI, 2010).

3.1.3 Fragmento na região fitoecológica Floresta Ombrófila Densa "S"

A área de estudo de *C. fissilis* nessa região está localizada no interior do município de Schroeder. O remanescente florestal, que integra uma propriedade particular, possui aproximadamente 4 ha e está inserido na região norte da costa de Santa Catarina com coordenadas geográficas 26°22'07" S e 49°02'56" W e com altitude média de 100 m.

A vegetação do remanescente é secundária encontrando-se no estágio médio a avançado de regeneração, conforme Resolução CONAMA nº 04 (BRASIL,

1994). O último inventário florestal catarinense indicou que o fragmento se encontra em estágio médio de regeneração (VIBRANS et al., 2013). É possível observar nessa área vestígios de corte seletivo no passado, além da presença de práticas agrícolas, fortemente marcada pela produção de bananas e rizicultura.

A região apresenta relevo fortemente ondulado com presença de montanhas, além de áreas planas. São comuns a presença de latossolos com características distróficas e raramente eutróficas, originados de vários tipos de rochas, com taxonomia baseada em Cambissolos, Argissolos, Gleissolos e Organossolos (EMBRAPA, 2018; VELOSO et al., 1991, SANTA CATARINA, 1986).

O predomínio climático da região onde o fragmento está localizado é do tipo Cfa (Köppen), subtropical úmido, com ausência de período seco, temperatura média acima de 20°C (IBGE, 2012). Embora seja similar ao clima do extremo oeste catarinense, a planície litorânea norte de Santa Catarina também possui clima do tipo Af (Köppen), tropical quente, com precipitação média anual em 2.000 mm. Essa característica se destaca na área em estudo, pois apresenta clima semelhante à zona tropical (PANDOLFO et al., 2002; WREGE et al., 2011).

3.2 COLETA E DESCRIÇÃO DOS DADOS

Ao total 26 e 16 árvores-amostra de *C. fissilis* foram identificadas e selecionadas (≥ 10 cm DAP), respectivamente, nos remanescentes da Floresta Estacional Decidua e Ombrófila Densa, para o estudo do crescimento e da vegetação associada. Os maiores diâmetros (DAP) entre as árvores-amostra da espécie nos respectivos fragmentos foram 78 e 64 cm. Além do DAP, a variável altura também foi mensurada.

Cada árvore-amostra foi considerada como o centro de uma unidade amostral circular, cujo raio foi definido como duas vezes o valor da média obtida por seis medições do raio da copa projetado no solo. Nessas unidades a composição florística da comunidade arbórea (≥ 10 cm CAP) foi identificada no local e os dados foram organizados conforme nomenclatura do Sistema APG IV (*Angiosperm Phylogeny Group IV*) (CHASE, CHRISTENHUSZ, FAY, BYNG, JUDD et al., 2016). A distância entre a árvore-amostra e aquelas incluídas na amostragem foi medida.

Os dados relacionados à Floresta Estacional Decidua procedem de um trabalho não publicado pelo autor, anterior a este estudo. Os dados de crescimento

de *C. fissilis* na Floresta Ombrófila Mista no município de Caçador são provenientes do trabalho desenvolvido por Stepka (2012) sobre o crescimento de espécies nessa região fitoecológica no Sul do Brasil. Dessa maneira, as informações relacionadas a vegetação associada a *C. fissilis* na Floresta Ombrófila Mista provêm de consulta bibliográfica.

3.3 COMPARAÇÃO DA VEGETAÇÃO ASSOCIADA A *Cedrela fissilis* NAS ÁREAS DE ESTUDO

O processamento dos dados da amostragem da vegetação associada a *C. fissilis* foi realizado pelo módulo Floresta Nativa no programa FloraExcel® pelo qual foram calculados os parâmetros da estrutura horizontal, como a densidade absoluta (DA) e relativa (DR); dominância absoluta (DoA) e relativa (DoR); frequência absoluta (FA) e relativa (FR); índice de valor de cobertura (VC) e índice de valor de importância (VI). A diversidade foi observada pelo Índice de Diversidade de Shannon (H') (MAGURRAN, 1988; PIELOU, 1984), cuja combinação entre o número total de indivíduos e a densidade relativa das espécies explica a heterogeneidade florística de determinadas áreas (PEET, 1974).

O processamento e a análise dos dados da composição florística foram realizados com base nos fragmentos estudados na Floresta Estacional Decidual e Ombrófila Densa apenas. As informações sobre a vegetação da Floresta Ombrófila Mista provêm de dados secundários (HERRERA et al., 2009), observando a proximidade do valor de CAP utilizado neste estudo (≥ 10 cm CAP).

3.4 ANÁLISE DA COMPETIÇÃO

A aplicação dos índices de competição deve acontecer por espécie e para as condições do seu ambiente de ocorrência (WEIGELT; JOLLIFFE, 2003). Dessa forma, buscando analisar comparativamente o nível de competição experienciado por cada árvore-amostra de *C. fissilis* em cada remanescente, foram calculados índices dependentes e independentes da distância combinados com o diâmetro (TABELA 1).

TABELA 1 - ÍNDICES DE COMPETIÇÃO AVALIADOS PARA AS POPULAÇÕES DE *Cedrela fissilis*

Índice (fonte)	Equação	Interpretação
Índices de competição dependente da distância (IDD)		
Hegyí (1974)	$\sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i} \cdot \frac{1}{L_{ij}}$	Quanto maior o valor do índice, maior é a competição.
Hegy II (1974): Modificado por Sabatia e Burkhart (2012) com a adição do expoente 0,5 para a distância	$\sum_{j=1}^n \left(\frac{d_j}{d_i \cdot L_{ij}^{0,5}} \right)$	Quanto maior o valor do índice, maior é a competição.
Martin e Ek (1984): modificação do índice de Hegyi (1974) e de Daniels (1976).	$\sum_{j=1}^n \frac{d_j}{d_i} \cdot \frac{1}{L_{ij} + 1}$	Quanto menor o valor do índice, maior é a competição.
Moore et. al. (1973): baseado no método de Brown (1965) que considerava a área disponível.	$\sum_{j=1}^n \frac{d_i^2}{d_i^2 + d_j^2} \cdot L_{ij}$	Quanto menor o valor do índice, maior é a competição.
Rouvinen & Kuuluvainen I (1997)	$\sum_{j=1}^n \frac{\frac{d_j}{d_i}}{L_{ij}^2}$	Atribui maior peso à distância. Quanto maior o valor do índice, maior é a competição.
Rouvinen & Kuuluvainen II (1997)	$\sum_{j=1}^n \frac{\left(\frac{d_j}{d_i}\right)^2}{L_{ij}}$	Atribui maior peso aos diâmetros. Quanto maior o valor do índice, maior é a competição.
Índices de competição independente da distância (IID)		
Corona e Ferrara (1989): modificação do índice de Lorimer (1983)	$\frac{\sum_{j=1}^n d_j^2}{d_i^2}$	Quanto maior o valor do índice, maior é a competição.
Lorimer (1983)	$\frac{\sum_{j=1}^n d_j^2}{d_i^2}$	Quanto maior o valor do índice, maior é a competição.
Stage (1973)	$\frac{d_i}{d_q}$	Quanto menor o valor do índice, maior é a competição.
Tomé e Burkhart (1989)	$\frac{d_i}{d_{max}}$	Quanto menor o valor do índice, maior é a competição.

Sendo “ d_i ” e “ d_j ” o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (dap) da árvore-amostra “ i ” e da árvore competidora “ j ” (cm), respectivamente; “ q ” o diâmetro quadrático (cm); “ d_{max} ” o diâmetro máximo na unidade amostral a 1,30 m de altura do solo (dap); “ L_{ij} ” a distância entre a árvore-amostra e a árvore competidora (cm);

FONTE: SABATIA; BURKHART, 2012; CANETTI et. al., 2016; CURTO et al., 2020.

Para o cálculo dos índices de competição é essencial estabelecer uma zona de influência para determinar quais árvores estão competindo com a árvore-amostra (CASTAGNERI et al., 2008). Neste trabalho, a zona de influência foi definida por uma área circular relacionada ao raio médio da copa da árvore-amostra, conforme descrito no item 3.2, assim, foi delimitada uma superfície bidimensional onde pode haver competição por recursos ambientais (OTTORINI, 1978). Nessas unidades amostrais, todas as árvores (≥ 10 cm CAP) existentes foram consideradas como competidoras, já as árvores-amostra, localizadas no centro da unidade amostral são as árvores objeto.

O potencial dos índices de competição geralmente é avaliado por uma análise exploratória entre os valores dos índices e alguma variável de crescimento da árvore principal (DANIELS et al., 1986; SABATIA; BURKHART, 2012). Neste trabalho, a correlação de Pearson foi calculada para correlacionar o diâmetro a 1,30 m de altura do solo (DAP) da árvore-amostra com cada índice e a significância dessa correlação foi analisada pelo teste t ($p \leq 0,05$). O uso de correlação simples é um procedimento básico para selecionar quais índices podem representar influência na variável dendrométrica (DANIELS, 1976).

A partir da indicação do melhor índice de competição dependente (IDD) e independente da distância (IID) pela correlação simples, diferentes funções de regressão linear e não-linear foram ajustadas a fim de compreender a explicação do diâmetro (DAP) pelo índice de competição das populações de *C. fissilis* estudadas. A escolha da equação de regressão com o melhor ajuste se baseou na observação do coeficiente de determinação ajustado, erro padrão da estimativa (S_{yx}) (%) e na distribuição gráfica dos resíduos (CASTAGNERI et al., 2008; CURTO et al., 2020).

3.5 RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA

As relações hipsométricas, mesmo quando ajustadas para uma espécie em florestas naturais, podem trazer informações importantes sobre as condições do ambiente e a competição experimentadas pelas populações estudadas (MACHADO et al., 2008). Neste trabalho, o ajuste de modelos de relações hipsométricas (TABELA 2) considerou a altura total e DAP de 26 e 15 indivíduos de *C. fissilis*, respectivamente, nos fragmentos da Floresta Estacional Decidual e Ombrófila Densa. Com esses dados também foi ajustado um modelo geral para estimativa das

alturas de *C. fissilis* do fragmento na Floresta Ombrófila Mista, onde as alturas não foram mensuradas.

TABELA 2 - MODELOS DE RELAÇÕES HIPSOMÉTRICAS

Denominação da Equação	Modelo
Curtis	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 1/d$
Henricksen	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln(d)$
Stoffels	$\ln(h) = \beta_0 + \beta_1 \ln(d)$
Trorey	$h = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$

Sendo “ $\ln$ ” o logaritmo neperiano, “ h ” a altura total, “ d ” o diâmetro da árvore à 1,30 m (dap) e “ β_0 , β_1 e β_2 ” são os coeficientes da regressão dos modelos.

FONTE: Schneider e Schneider (2008).

A escolha do modelo hipsométrico mais satisfatório considerou o menor valor do erro padrão da estimativa (S_{yx}) (%), o maior valor do coeficiente de determinação ajustado e a performance dos critérios de informação de Akaike corrigido (AICc) e Bayesiano (BIC), além da análise gráfica da distribuição dos resíduos.

3.6 OBTENÇÃO DAS SÉRIES DE CRESCIMENTO DAS ÁRVORES-AMOSTRA

Em cada árvore-amostra de *C. fissilis* duas amostras não destrutivas do lenho foram coletadas perpendicularmente no sentido casca - medula a 1,30 m acima do solo com um trado de incremento de 5 mm de diâmetro. Após a preparação das amostras (STOKES e SMILEY, 1968), os anéis de crescimento de *C. fissilis* foram identificados com lupa e medidos com precisão de 0,01 mm pelo equipamento de medição e análise de anéis anuais LINTAB® utilizando como interface o software TSAPWin (RINN, 1996).

As duas séries de crescimento de cada árvore-amostra foram datadas entre si e entre árvores por visualização gráfica. A sincronidade entre as séries de crescimento foi conferida pelo software COFECHA (HOLMES, 1983), assegurando a formação anual de camadas de crescimento e aferindo estatisticamente a datação cruzada.

A série cronológica de cada árvore de *C. fissilis* foi estabelecida pela média das duas séries de crescimento coletadas, medidas e datadas. Esse valor médio de incremento foi multiplicado por dois para resultar no diâmetro retroativo.

3.7 INCREMENTO EM DIÂMETRO E TEMPO DE PASSAGEM

O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$) foi aplicado para comparar os incrementos entre as classes diamétricas de 10 cm para cada população de *C. fissilis* nos remanescentes estudados. A normalidade dos dados foi observada pelo teste de Shapiro-Wilk. A partir do incremento médio de cada classe, foi possível calcular o tempo de passagem entre classes diamétricas, ou seja, o tempo (anos) que uma árvore permanecerá em uma classe até chegar na seguinte. Para isso, foi utilizada a razão entre a amplitude da classe (cm) e o respectivo incremento (cm.ano^{-1}).

3.8 MODELAGEM DO CRESCIMENTO NAS REGIÕES FITOECOLÓGICAS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA

A dinâmica natural em crescimento das populações de *C. fissilis* nos remanescentes deste estudo foi simulada por modelos biológicos a partir das séries cronológicas de cada árvore-amostra. Para aumentar a acuracidade da modelagem, foi aplicado o método Bootstrap não paramétrico com 100 interações antes do ajuste (MILLER, 2004; CANETTI, 2019). Esse método, a partir dos dados observados, cria trajetórias individuais de incremento anual por simulação. Dessa forma, o número de casos a serem submetidos à regressão não linear é amplificado (MATTOS et al., 2015). Esse procedimento foi considerado adequado ao uso na modelagem do crescimento quando os dados provêm de espécies nativas em florestas naturais (BRIENEN; ZUIDEMA, 2005).

O ajuste dos modelos de crescimento (TABELA 3) foi realizado por regressão não linear; a obtenção dos parâmetros não lineares aconteceu pelo processo PROC NLMIXED no software SAS® que utiliza o algoritmo de *Quasi-Newton Dual*. Além disso, o valor da assíntota dos modelos biológicos (β_0) foi fixado no DAP máximo encontrado entre os fragmentos deste estudo, sendo de aproximadamente 80 cm.

TABELA 3 - MODELOS DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO AJUSTADOS EM FUNÇÃO DA IDADE PARA AS POPULAÇÕES DE *Cedrela fissilis*

Denominação da Equação	Modelo	Restrições dos parâmetros
Bertalanffy	$d = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 i})^3$	
Chapman-Richards	$d = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 i})^{\beta_2}$	
Gompertz	$d = \beta_0 e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 i}}$	$\beta_2 > 0$
Hossfeld IV	$d = \frac{i^{\beta_2}}{\left(\beta_1 + \frac{i^{\beta_2}}{\beta_0}\right)}$	
Levakovic III	$d = \beta_0 \left(\frac{i^2}{\beta_1 + i^2}\right)^{\beta_2}$	
Logística	$d = \frac{\beta_0}{(1 + \beta_1 e^{-\beta_2 i})}$	$\beta_2 > 0$
Lundqvist	$d = \beta_0 e^{\left(\frac{-\beta_1}{i^{\beta_2}}\right)}$	$\beta_1 > 0$
Monomolecular	$d = \beta_0(1 - \beta_1 e^{-\beta_2 i})$	$\beta_2 > 0$
Schumacher	$d = \beta_0 e^{\frac{-\beta_1}{i}}$	$\beta_1 > 0$
Sloboda	$d = \beta_0 e^{-\beta_1 e^{-\beta_2 i^{\beta_3}}}$	
Weibull	$d = \beta_0(1 - e^{-\beta_1 i^{\beta_2}})$	

Sendo “d” o diâmetro da árvore à 1,30 m (dap), “i” a idade, “ β_0 , β_1 , β_2 e β_3 ” os parâmetros das equações e “e”, número de Euler.

Fonte: BURKHART; TOMÉ, 2012; ZEIDE, 1993.

A seleção do modelo de crescimento que apresentou a melhor aderência às séries cronológicas das populações de *C. fissilis* para cada floresta foi feita pela análise das estatísticas do erro padrão da estimativa (S_{yx}) (%), do coeficiente de determinação ajustado e distribuição gráfica dos resíduos, considerando a qualidade do ajuste. Adicionalmente, também foi observada a performance dos critérios de informação de Akaike corrigido (AICc) e Bayesiano (BIC) para cada modelo ajustado (AKAIKE, 1974; SCHWARZ, 1978; BOZDOGAN, 1987). Esses critérios permitem verificar a generalidade de cada modelo, ou seja, a sua capacidade em descrever

não apenas os dados coletados, mas de toda a população ao longo de um período considerado (MYUNG et al., 2003).

Para identificar o momento de maximização da produção biológica em diâmetro e em área basal dos indivíduos de *C. fissilis*, foram construídas curvas de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) a partir da estimativa fornecida pelo melhor modelo de crescimento para as árvores-amostra. O potencial de crescimento da espécie em área basal ao nível de população foi explorado utilizando as previsões do modelo selecionado e a estrutura diamétrica do local da coleta de dados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESTRUTURA DO ESTRATO ARBÓREO DA VEGETAÇÃO ASSOCIADA A *Cedrela fissilis* NO BIOMA MATA ATLÂNTICA EM SANTA CATARINA

4.1.1 Composição dos estratos arbóreos

As espécies arbóreas que coexistem com a espécie-foco deste estudo no fragmento da FOD estão listadas na Tabela 4. Foram encontradas 42 espécies distribuídas em 23 famílias botânicas. A Arecaceae, Moraceae, Myrtaceae, Rubiaceae, Phyllanthaceae, Solanaceae, Fabaceae, Myristicaceae, Olacaceae foram as que melhor representam a vegetação que coabita com *C. fissilis*, com 16 gêneros e 18 espécies. Essas famílias contribuíram com 80 % do total de árvores amostradas no fragmento, dos quais, 47 % pertencem as famílias Arecaceae, Moraceae e Myrtaceae, cujas espécies mais frequentes, respectivamente, foram *Euterpe edulis*, *Sorocea bonplandii* e *Marlierea tomentosa*.

TABELA 4 - ESPÉCIES IDENTIFICADAS NO FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA DENSE EM SANTA CATARINA

Família	Espécie	Nome popular	N	ind.ha ⁻¹	DoR	IVI
Anacardiaceae	<i>Lithrea brasiliensis</i> Marchand	Aroeira-braba	1	1	0.3	1.26
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana catharinensis</i> A. DC.	Leiteiro	3	4	0.4	2.58

Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmito	64	85	4.36	31.02
Cyatheaceae	<i>Cyathea</i> sp.	Xaxim	7	9	0.41	5.04
Euphorbiaceae	<i>Alchornea sidifolia</i> Müll.Arg.	Tapiá	7	9	5.29	8.53
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	Ingá-de-metro	16	21	1.61	12.09
	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	Grapia	3	4	3.73	5.91
	<i>Inga</i> sp.	Ingá	3	4	0.44	2.62
	<i>Ateleia glazioviana</i> Baill.	Timbó	2	3	0.35	1.58
	<i>Machaerium paraguariense</i> Hassl.	Sapuva	1	1	0.04	1
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Pau jacaré	1	1	0.03	0.99
	<i>Inga vera</i> Willd.	Ingá-banana	1	1	0.01	0.97
Lamiaceae	<i>Vitex megapotamica</i> (Spreng.) Moldenke	Taruma-branco	3	4	3.97	6.85
Lauraceae	<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Canela imbuia	9	12	4.7	11.25
	<i>Nectandra membranacea</i>	Canela-amarela	6	8	5.31	9.67
	<i>Ocotea catharinensis</i> Mez	Canela-preta	3	4	0.51	2
Melastomataceae	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Jacatirão	2	3	0.25	2.17
	<i>Miconia cabucu</i> Hoehne	Jacatirão cabucu	2	3	0.04	1.26
Meliaceae	<i>C. fissilis</i> Vell.	Cedro	3	4	2.1	4.98
	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Canjerana	1	1	0.04	1
	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Angelim pedra	1	1	0.04	1
Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C. Burger, L& W. Boer	Cincho	49	65	4.46	22.98
	<i>Ficus glabra</i> Vell.	Figueira-do-mato	1	1	2.94	3.9
Myristicaceae	<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	Bocuva	13	17	10.1	17.69
Myrtaceae	<i>Marlierea tomentosa</i> Cambess.	Guapurunga	29	39	2.47	16.39
	<i>Eugenia</i> spp.	Cerejeira	7	9	0.46	3.71

	<i>Campomanesia xanthocarpa</i> (Mart.) O.Berg	Guabiroba	2	3	0.42	2.34
Olacaceae	<i>Heisteria silvianii</i> Schwacke	Casco-de-tatu	13	17	1.77	9.37
Phyllanthaceae	<i>Hieronyma alchorneoides</i> Allemão	Licurana	25	33	25.8	37.33
Piperaceae	<i>Piper cernuum</i> Vell.	Pimenta-de-macaco	1	1	0.04	1
Primulaceae	<i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze	Capororocão	1	1	0.29	1.24
Rubiaceae	<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll. Arg.	Grinaldeira	27	36	1.17	15.26
	<i>Bathysa australis</i> (A. St.-Hil.) Benth. & hook. f.	Macuqueiro	19	25	3.8	12.3
Rutaceae	<i>Pilocarpus pennatifolius</i> Lem.	Jaborandi	8	11	0.23	4.43
	<i>Esenbeckia</i> spp.	Esenbeckia	5	7	0.17	2.88
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Mamica-de-cadela	2	3	0.36	2.28
Salicaceae	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	Cafezeiro-do-mato	5	7	1.88	6.67
Sapindaceae	<i>Cupania vernalis</i> Cambess.	Camboatá	1	1	2.8	3.76
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	Mataíba branco	2	3	0.1	1.33
Solanaceae	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Tabaqueira	25	33	4.58	16.75
	<i>Aureliana fasciculata</i> (Vell.) Sendtn.	Aureliana	3	4	1.63	3.12
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	Embaúba	1	1	0.56	1.52
Total			378	504	100	300

Sendo “N” o número total de indivíduos amostrados no fragmento; “DA” a densidade absoluta de cada indivíduos em 1 ha; “DoR” a dominância relativa de cada espécie; “IVI” índice de Valor de Importância para cada espécie no fragmento da Floresta Ombrófila Densa.

A partir da perspectiva horizontal da comunidade arbórea estudada, as famílias Phyllanthaceae, Arecaceae e Moraceae apresentaram os maiores valores para o Índice de Valor de Importância (IVI), isto é, corresponderam com as maiores somas da abundância, da frequência e da dominância relativas entre as espécies que coabitam com *C. fissilis* no fragmento da FOD. O maior valor de IVI para a família Phyllanthaceae é consequência dos maiores valores de DAP e abundância

de *Hieronyma alchorneoides*. Também o parâmetro abundância foi o responsável pelos valores do IVI das famílias Arecaceae e Moraceae, respectivamente, representadas na comunidade florestal que coexiste com *C. fissilis* pelas espécies *Euterpe edulis* e *Sorocea bonplandii*.

Essas três espécies são citadas como espécies secundárias e climáticas (AGUIAR et al., 2001; DURIGAN; NOGUEIRA, 1990; IVANAUSKAS; RODRIGUES; NAVE, 1999). Os valores dos parâmetros quantitativos de abundância, da frequência e da dominância relativas reportados pelas espécies florestais, podem ser interpretados como a sua importância na fitocenose, subsidiando ao pesquisador informações para o direcionamento e interpretação da sua pesquisa (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). Dessa forma, é possível indicar, conforme o esperado, que essas famílias e suas espécies indicam o estágio de regeneração médio a avançado que o fragmento se encontra.

Hieronyma alchorneoides, com maior IVI, é caracterizada como uma árvore longeva abundante em estágios iniciais de regeneração, podendo se tornar um indivíduo dominante após 30 a 50 anos do início da sucessão ecológica, especialmente nos estados de Santa Catarina e Paraná (CARVALHO, 2008). Essa espécie apresentou os maiores valores de DAP, por consequência o maior valor de DoR (25,8%), o que indica sua relevância na ocupação do ambiente entre as espécies que coabitam com *C. fissilis* no fragmento estudado na FOD.

As características e combinações da abundância em que uma espécie ocorre na área (densidade), da maneira como ela se distribui (frequência) e do percentual do ambiente que cada uma ocupa no fragmento (dominância) é um sumário da estrutura horizontal de uma floresta (BARROS, 1980; LAMPRECHT, 1986). Essas combinações, sob a óptica ecológica, estrutural e silvicultural são importantes para a tomada de decisão sobre o manejo e a conservação de espécies de interesse ecológico e econômico em florestas nativas.

Com base nos arranjos dos parâmetros densidade, frequência e dominância, pode-se indicar que a espécie *Hieronyma alchorneoides* é a mais importante na análise da estrutura da comunidade, pois apresenta elevados valores de densidade (6,6 %), frequência (4,8%) e dominância (25,85 %) com relação às demais espécies; e as espécies *Euterpe edulis* e *Sorocea bonplandii* são as que apresentam ocorrência regular no fragmento devido a densidade e frequência elevadas (LAMPRECHT, 1986). Dessa forma, pelo enfoque silvicultural e de conservação da

espécie *C. fissilis* na fitofisionomia da FOD, essas espécies podem ser indicadas para o enriquecimento de florestas naturais sob manejo e facilitadoras no processo de sucessão ecológica de florestas na região da FOD quando o propósito é a conservação de populações de *C. fissilis*.

Ainda, considerando a abundância e o IVI a nível de espécie, a amostragem deste estudo baseada na ocorrência de *C. fissilis*, apresentou *Hieronyma alchorneoides*, *Euterpe edulis*, *Sorocea bonplandii*, *Virola bicuhyba*, *Solanum mauritianum*, *Marlierea tomentosa*, *Rudgea jasminoides*, *Bathysa australis*, *Inga edulis*, *Nectandra megapotamica*, como as 10 espécies com maior IVI. Uma unidade amostral de 0,4 ha estabelecida pelo IFFSC, cujo local de coleta foi o mesmo desta pesquisa, indicou as espécies *Euterpe edulis*, *Bathysa australis*, *Hieronyma alchorneoides*, *Cabralea canjerana* e *Virola bicuhyba* como aquelas com o maior IVI e a *Sorocea bonplandii* como uma das mais frequentes no sub-bosque (VIBRANS et al., 2010b, 2010a). Os resultados do monitoramento do primeiro ciclo desse inventário indicaram que as espécies *Euterpe edulis* e *Hieronyma alchorneoides* figuram entre as mais abundantes na fitofisionomia da FOD em Santa Catarina. Portanto, o levantamento florístico deste estudo, baseado na *C. fissilis*, pode indicar que, aparentemente, essa espécie não apresenta restrições de coexistência com outras espécies.

4.1.2 Comparação entre áreas de estudo

O Índice de Diversidade de Shannon (H') calculado para o fragmento da FOD foi de 3,01; anteriormente, o autor encontrou um valor de 3,96 para o remanescente localizado na FED (SCHMITZ, 2014). Um estudo desenvolvido na Reserva Florestal da EMBRAPA, local de coleta de dados de incremento para *C. fissilis* na fitofisionomia da FOM, indicou o valor de 3,58 (HERRERA et al., 2009). Outros estudos sobre florística desenvolvidos nessa unidade de conservação não puderam ser utilizados, pois os valores de inclusão de árvores no processo de amostragem ($CAP \geq 60$ cm) foram superiores ao utilizado neste estudo (LINGNER et al., 2010; SILVA et al., 1997).

A unidade amostral do IFFSC estabelecida no mesmo remanescente da FOD avaliado neste trabalho apresentou um valor para o Índice de Shannon de 3,47 (VIBRANS et al., 2010b, 2010a). Esses mesmos autores também encontraram

valores que variaram de 2,94 a 3,48 para unidades amostrais localizadas na mesma região hidrográfica deste estudo (Baixada Norte Catarinense). Outros estudos reportaram valores entre 2,88 e 4,07 para essa fitofisionomia na região Litoral Centro-Norte de Santa Catarina, onde a FOD é predominante (CAGLIONI et al., 2014; VIBRANS et al., 2010b, 2010a; SIMINSKI et al., 2005).

O índice de diversidade de Shannon é influenciado pela presença de espécies raras e, de certa forma, pela heterogeneidade das condições ambientais no interior da floresta (AGBELADE; ONYEKWELU; OYUN, 2017; MAGURRAN; MCGILL, 2011). Portanto, o valor inferior calculado neste estudo no fragmento da FOD quando comparado ao índice encontrado por Vibrans et al. (2010b, 2010a), pode ser o reflexo da preferência da espécie *C. fissilis* por determinados ambientes que facilitam o seu crescimento e ou limitam a coexistência de algumas espécies raras que foram identificadas pelo processo de amostragem sistemático realizado pelo IFFSC.

Ao comparar a diversidade entre fitofisionomias, o maior índice de diversidade observado no fragmento da FED pode ser explicado pelo maior tamanho da área de estudo que proporcionou um número maior de unidades amostrais, uma vez que a diversidade de uma comunidade florestal tende a aumentar com o aumento da intensidade amostral (MAGURRAN, 1988). Além disso, considerando que a maior diversidade está relacionada com a conservação das florestas tropicais, a análise comparativa desses fragmentos evidencia que o ambiente florestal na FOD ainda se encontra em formação com maior incidência de luz no interior da floresta, o que contribui para o estabelecimento de espécies pioneiras e secundárias iniciais, atribuindo a baixa diversidade em florestas tropicais em estágios mais recentes de regeneração. Portanto, esse fator é um dos contrastes entre os ambientes estudados e que pode resultar na maior ocorrência de espécies secundárias tardias no fragmento na FED e na Reserva Florestal da EMBRAPA, representando a FOM neste trabalho pelo estudo de florística desenvolvido por Herrera et al. (2009) naquele local.

As espécies secundárias tardias apresentam uma importante função à medida que a sucessão florestal acontece, visto que apresentam maior longevidade e plasticidade quanto ao uso da luz disponibilizada nos diferentes estratos da floresta. Isso pode ser observado a partir das diferenças de riqueza entre fragmentos, que estão relacionadas, principalmente, com o tempo desde a última

intervenção (VACCARO; LONGHI; BRENA, 1999). Portanto, neste trabalho, a riqueza entre fragmentos pode ser representada por estágios sucessionais distintos.

No contexto das florestas tropicais, a sucessão ecológica é a maneira como esses ecossistemas se regeneram. Esse processo de sucessão pode ser considerado como um critério na seleção de espécies que irão ocupar determinado espaço, sendo que o recrutamento de espécies geralmente acontece por meio da reconstituição de clareiras originadas dos distúrbios naturais ou antrópicos. Esses distúrbios podem afetar a composição e, conseqüentemente, a diversidade de espécies arbóreas causando implicações às funções ecossistêmicas das florestas (LIN; CAO, 2009; RASINGAM; PARTHASARATHY, 2009; ROYO; CARSON, 2006).

Dessa forma, é possível observar que o fragmento da FOD provavelmente sofreu interferências recentes na sua fitocenose em comparação com os fragmentos localizados na FOM e FED. Isso pode ter motivado o menor valor do Índice de Shannon apresentado pelo fragmento, contribuindo para a menor biodiversidade em relação aos demais ambientes das outras fitofisionomias. Os resultados também indicaram que o fragmento da FOD apresenta diversidade típica de florestas secundárias, embora menor que as demais fitofisionomias comparadas. Assim, tendo em vista que os fragmentos mais conservados apresentaram maior diversidade, a conservação do trecho florestal da FOD é importante para o aumento da sua diversidade no futuro (BRITO; CARVALHO, 2014; BARALOTO, 2012; GONZAGA et al., 2008; BROWN; LUGO, 1990).

4.2 AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE COMPETIÇÃO

A partir da análise exploratória dos dados, foram selecionados dois índices dependentes e independentes da distância que apresentaram correlações moderadamente fortes com o DAP das árvores-amostra de *C. fissilis* para ambos os fragmentos (TABELA 5). Dentre eles, os índices de Moore, Stage e Tomé e Burkhart apresentaram as maiores correlações. Na Tabela 5 são apresentados os valores de correlação dos índices com o DAP, além das estatísticas e parâmetros das regressões geradas pelos modelos ajustados.

TABELA 5 - MODELOS AJUSTADOS PARA DESCREVER OS ÍNDICES DE COMPETIÇÃO SELECIONADOS PARA OS FRAGMENTOS DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED) E OMBRÓFILA Densa (FOD)

	Índices	Estatísticas					R ² _{adj}
		<i>r</i>	β_0	β_1	Equação	Syx(%)	
FED	Moore (IDD)	0,678*		14,889	$DAP = \beta_1 * \log(x)$	13,9	43,67
	Stage (IID)	0,676*		0,014	$DAP = \left(\frac{\beta_1}{x}\right)^{-1}$	13,3	43,28
FOD	Moore (IDD)	0,830*	1.845	0,380	$DAP = e^{(\beta_0 + \beta_1 * \ln(x))}$	30,7	66,51
	Tomé e Burkhart (IID)	0,894*	10.855	39,889	$DAP = \beta_0 + \beta_1 * x^2$	7,7	78,30

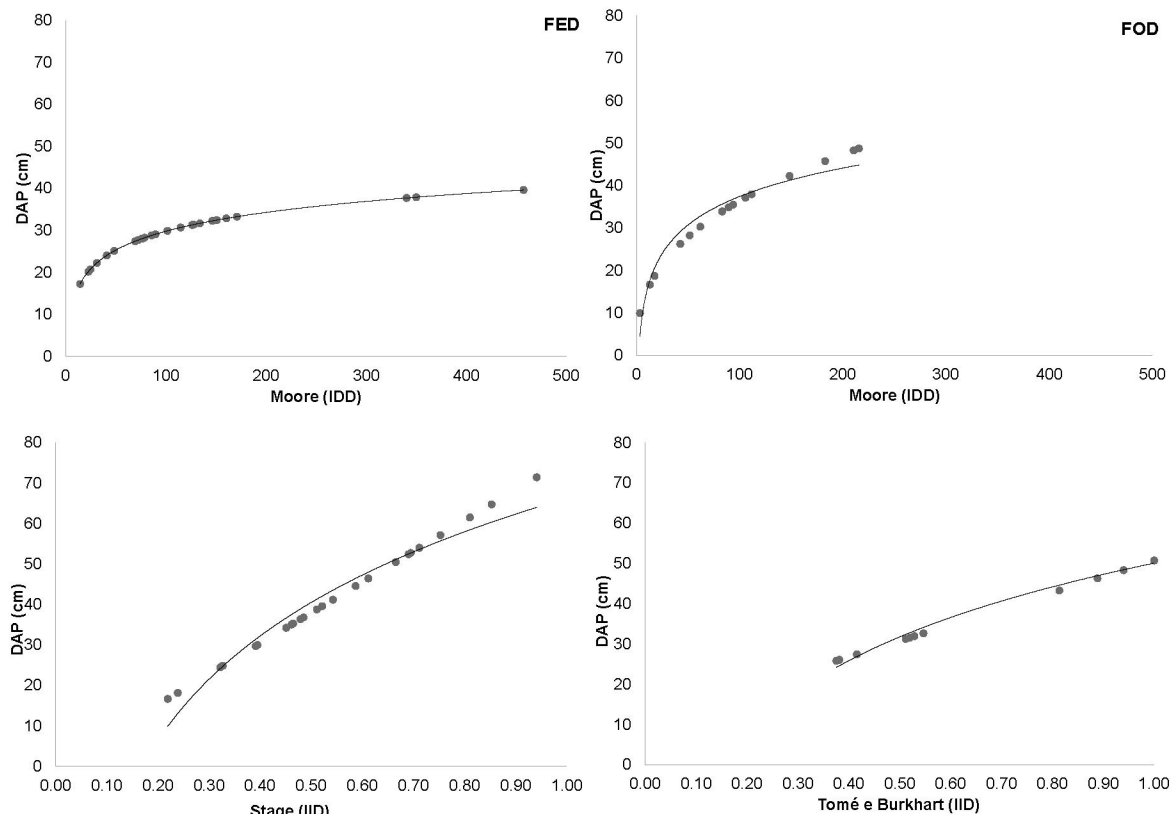
NOTA: “*” significativos a 95 % de probabilidade; “r” é o valor da correlação; β_0 e β_1 são os parâmetros das equações ajustados por regressão simples; “x” é o valor do índice de competição; Syx (%) é o erro padrão da estimativa relativo; R²_{adj} é o coeficiente de determinação ajustado; IDD é Índice Dependente da Distância; IID é Índice Independente da Distância.

FONTE: O autor (2021)

Os índices dependentes e independentes da distância apresentam valores de correlação semelhantes dentro de cada fragmento. O Índice Moore apresentou o maior erro padrão da estimativa no ajuste na FOD, o que torna a estimativa pelo modelo menos confiável. Considerando que esse índice descreve a competição como uma zona de influência primária relacionada com o espaço e árvores circundantes (CURTO, 2015), provavelmente, esse erro pode ser consequência do menor número de árvore-amostra (15) e competidoras analisadas na FOD.

Os índices utilizados para o ajuste demonstraram uma relação com o DAP em forma aproximada de uma exponencial (FIGURA 2). Esse comportamento expressa a competição natural que as árvores estão submetidas em uma floresta natural, resultando em variação do crescimento pelo nível de competição que se encontram. Portanto, uma vez que, para os índices selecionados, quanto menor o valor do índice, maior é a competição, a Figura 2 mostra que *C. fissilis* é submetida a maior competição quando está na fase juvenil.

FIGURA 2 - DIÂMETRO DE *Cedrela fissilis* EM RESPOSTA AO NÍVEL DE COMPETIÇÃO EM REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED) E OMBRÓFILA DENSE (FOD) EM SANTA CATARINA



FONTE: O autor (2021)

De forma geral, as árvores maiores, por alcançarem os estratos superiores das florestas, estão sujeitas à menor competição. Por outro lado, árvores menores localizadas no sub-bosque, estão sob maiores influências competitivas (CUNHA; FINGER; HASENAUER, 2016). Isso é observado quando se compara o DAP dos indivíduos de *C. fissilis* e os respectivos valores dos índices de competição (FIGURA 2). Considerando que a luz é o principal fator que limita o crescimento em florestas secundárias em regeneração (CHAZDON et al., 2007, 2011), sugere-se que a espécie-foco deste estudo libera seu crescimento pela redução gradativa da competição quando começa a ocupar o seu espaço no dossel.

Comparativamente com este estudo, semelhanças no comportamento da relação entre o índice de competição com o DAP foram observados em espécies da FOM e FED, incluindo *C. fissilis* (MATTOS, 2007; SCHONS et al., 2020). Mesmo que os resultados estejam coerentes com a espécie e o estágio de regeneração que os fragmentos na FED e FOD se encontram, é relevante ponderar o fato de que indivíduos de *C. fissilis* com DAP muito semelhante geram índices de competição parecidos dentro do mesmo fragmento. Dessa maneira, é possível que outras

variáveis, como o diâmetro da copa das árvores competidoras e os distúrbios que alteram a dinâmica da floresta, contribuam para uma análise mais acurada da competição (CANHAM; LEPAGE; COATES, 2004; WEBER et al., 2008; COATES; CANHAM; LEPAGE, 2009).

4.3 CRESCIMENTO DE *Cedrela fissilis* NO BIOMA MATA ATLÂNTICA EM SANTA CATARINA

4.3.1 Relação hipsométrica

A maioria das equações ajustadas mostraram características estatísticas satisfatórias para a relação hipsométrica de *C. fissilis* nos fragmentos estudados (TABELA 6). A partir da análise dessas características e da distribuição gráfica dos resíduos (ANEXO I E II), foi escolhido o modelo de Curtis para o ajuste da altura total da espécie foco nos remanescentes na FED e FOD. Esse modelo também foi o mais indicado para estimar a altura de *C. fissilis* no fragmento da FOM a partir do ajuste com os dados de altura mensurada nos demais fragmentos.

TABELA 6 - COEFICIENTES DOS MODELOS DE RELAÇÃO HIPNOMÉTRICA AJUSTADOS E SEUS RESPECTIVOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA *Cedrela fissilis* NOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED) E OMBRÓFILA DENSA (FOD) EM SANTA CATARINA

	Modelos	Estatísticas						
		AICc	BIC	Syx(%)	R ² _{adj}	β_0	β_1	β_2
FED	Henricksen	61,936	63,805	17,070	0,974	-16,402	9,502	
	Stofells	62,262	64,132	17,178	0,974	0,823	0,559	
	Curtis	64,263	66,133	17,852	0,972	3,349	-16,969	
	Trorey	121,197	123,229	51,353	0,778	2,451	0,537	0,003
FOD	Curtis	32,666	31,348	12,728	0,986	3,310	-13,842	
	Henricksen	33,610	32,291	13,109	0,985	-10,965	8,182	
	Stofells	36,266	34,947	14,243	0,982	0,972	0,532	
	Trorey	97,762	94,852	88,122	0,370	0,930	0,761	-0,007
Geral	Curtis	26,803	30,935	7,516	0,995	3,314	-15,098	

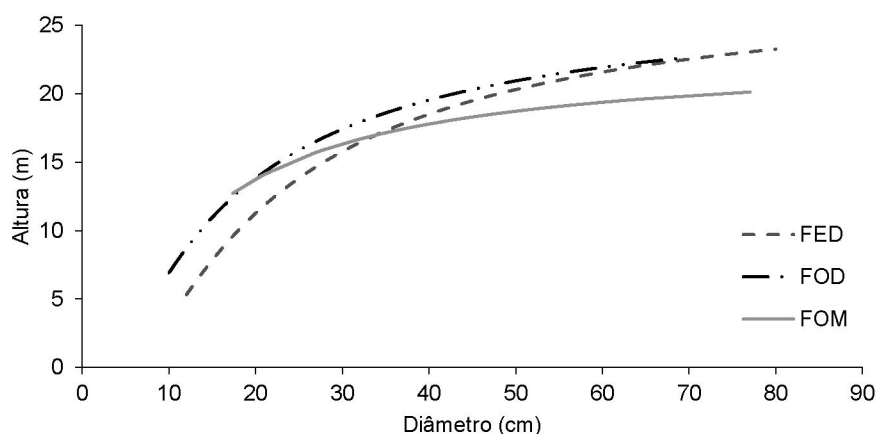
Stofells	36,600	40,732	8,446	0,993	0,903	0,542	
Henricksen	53,892	58,024	10,377	0,990	-13,826	8,864	
Trorey	146,426	151,710	30,663	0,914	3,260	0,527	-0,003

NOTA: o melhor modelo de relação hipsométrica de *C. fissilis* para os fragmentos está em negrito; AICc é o critério de informação de Akaike corrigido; BIC é o critério de informação Bayesiano; Syx (%) é o erro padrão da estimativa relativo; R^2_{adj} é o coeficiente de determinação ajustado; e, β_0 , β_1 e β_2 são os parâmetros das equações ajustados por regressão não linear.

FONTE: O autor (2021)

Considerando os valores de DAP máximo observados em campo de 78 e 64 cm, respectivamente, para as árvores-amostra selecionadas (≥ 10 cm DAP) no fragmento da Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Densa, a maior variação da altura total ocorreu até a classe diamétrica de 25 cm, com posterior tendência de estabilização (FIGURA 3).

FIGURA 3 - RELAÇÃO HIPSONÉTICA DE *Cedrela fissilis* EM REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA Densa (FOD) E OMBRÓFILA MISTA (FOM) EM SANTA CATARINA



FONTE: O autor (2021).

Pela Figura 3, pode-se notar que a estimativa da regressão mostra uma tendência semelhante entre as populações de *C. fissilis* nos três fragmentos estudados. Além disso, também é possível perceber que as curvas hipsométricas são ligeiramente íngremes nos diâmetros menores, como se espera de uma espécie demandante de luz, longeva e que atinge alturas maiores ou, ainda, crescendo em sítios com qualidade média a alta (CORLETT, 1995; CHAZDON, 2003; MACHADO et al., 2010).

Uma tendência similar da estabilização da curva hipsométrica para *C. fissilis* foi observada por Pereira (2011) em três locais de coleta no domínio da FED no Sul do Brasil. Nesse estudo, a maior variação da altura total, onde a inclinação foi mais íngreme, também foi até classe dos 25 cm de DAP em ambientes em regeneração.

A inclinação da curva da relação hipsométrica de uma espécie florestal varia conforme algumas variáveis da floresta. Essa disposição da curva pode descrever a fase de crescimento e desenvolvimento de uma espécie ou de uma floresta, sendo que as inclinações menos íngremes indicam florestas em estágios mais avançados de regeneração ou em clímax (BARTOSZECK et al., 2004; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006b; FORTINI; ZARIN, 2011; GOMEZ-GARCIA et al., 2016; MIRANDA et al., 2018).

Considerando a floresta, o crescimento em altura das árvores é resultado da estrutura das populações arbóreas, o tipo de dominância que elas representam, a sua composição e as condições do ambiente que estão submetidas (WEISKITTEL et al., 2011). Nesse sentido, as espécies florestais, especialmente as secundárias no âmbito da ecologia da espécie, utilizam diferentes estratégias por meio do seu potencial de crescimento para acessar a luz (POORTER et al., 2012). Assim, considerando que *C. fissilis* é uma espécie exigente de luz desde jovem, os resultados das relações hipsométricas neste trabalho reforçam a compreensão de que essa espécie vem se desenvolvendo em ambientes florestais em regeneração, especialmente nas fitofisionomias da FED e FOD que apresentaram curvas com inclinações mais íngremes.

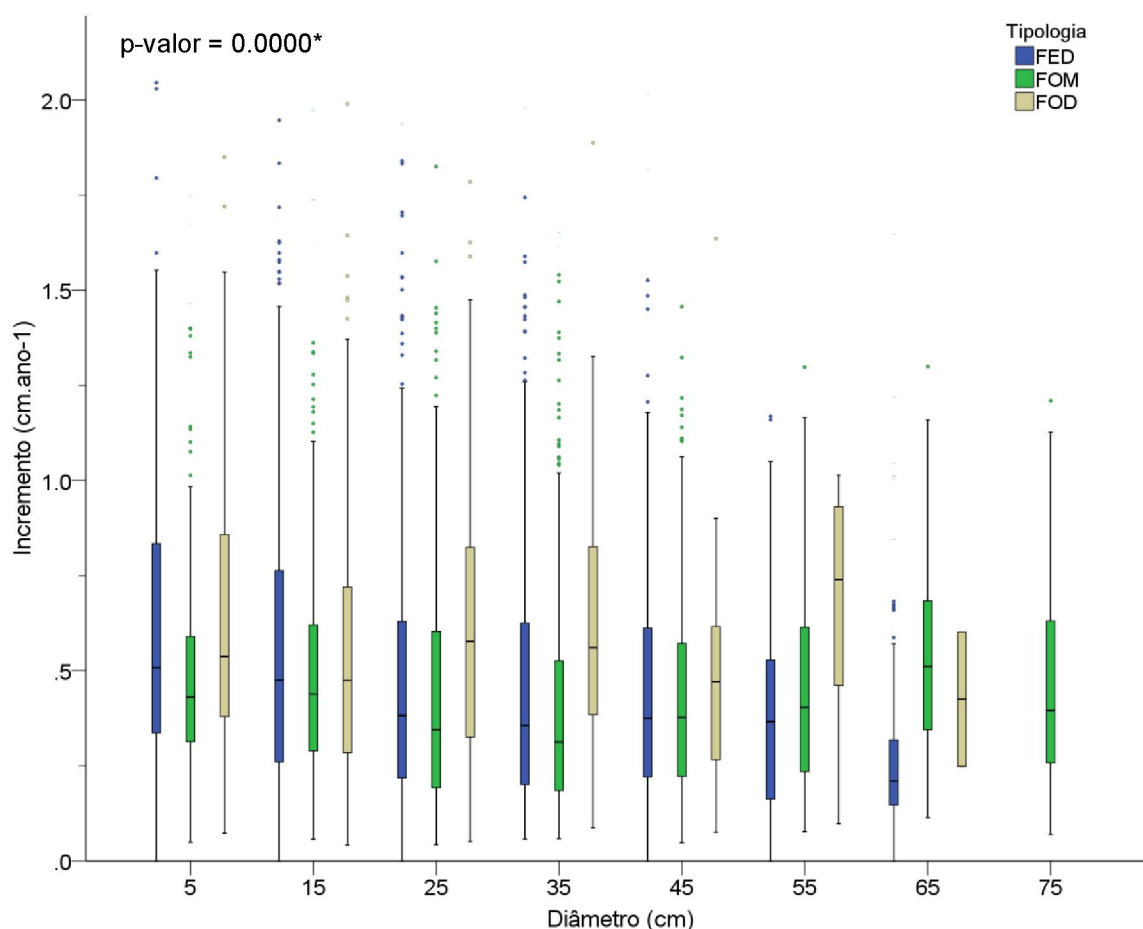
4.3.2 Crescimento diamétrico

As árvores-amostra de *C. fissilis* apresentaram séries cronológicas de 189 anos e incremento médio em diâmetro de 0,50 cm.ano⁻¹ na FED, 167 anos e 0,44 cm.ano⁻¹ na FOM (STEPKA et al., 2021) e 95 anos com 0,59 cm.ano⁻¹ na FOD no Bioma Mata Atlântica em Santa Catarina. A mesma espécie, crescendo em fragmentos preservados do Bioma Caatinga, apresentou crescimento de 0,48 cm.ano⁻¹, similares aos observados na FED e na FOM (BARBOSA et al., 2018). Enquanto, no Cerrado boliviano, a espécie apresentou 0,60 cm.ano⁻¹, semelhante ao valor encontrado para a cronologia de FOD (LÓPEZ et al., 2012).

Em comparação, os valores de incremento médio observados nas florestas úmidas da Bolívia e dos Andes são menores do que os observados neste estudo. Duas cronologias de *C. fissilis* de 88 e 84 anos, apresentaram de 0,27 cm.ano⁻¹ e 0,19 m.ano⁻¹, respectivamente (PAREDES-VILLANUEVA et al., 2016). Duas espécies aparentadas com mesmo gênero, crescendo na mesma região, também apresentaram crescimento semelhante. *C. angustifolia* com série cronológica de 76 anos e crescimento médio de 0,28 cm.ano⁻¹ (PAREDES-VILLANUEVA et al., 2016). *C. nebulosa*, apresentou cronologia de 132 anos e crescimento de 0,32 cm.ano⁻¹. (HUAMAN et al., 2018).

Pelo teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$) foram observadas diferenças estatisticamente significativas do incremento entre as classes diamétricas de *C. fissilis* nos três locais de coleta (FIGURA 4). O incremento médio anual dessa espécie na FOD foi maior, contínuo e acelerado em todo seu ciclo sem grandes alterações, quando comparado com as populações dos demais fragmentos, mostrando que a espécie possui um ritmo de crescimento próprio em cada remanescente.

FIGURA 4 - BOX-PLOT DO INCREMENTO ANUAL DE *Cedrela fissilis* (DAP ≥ 10 cm) POR CLASSE DIAMÉTRICA NOS FRAGMENTOS DAS FLORESTAS ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) E RESULTADOS DO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS.



NOTA: * = diferença estatisticamente significativa ($p \leq 0,05$) entre as classes diamétricas entre as tipologias florestais; as caixas representam os valores centrais do incremento e as linhas horizontais dentro das caixas é a localização da mediana entre os dados centrais para cada classe diamétrica e para cada remanescente.

FONTE: O autor (2021).

O teste de Kruskal-Wallis assinala que as populações de *C. fissilis* nos remanescentes da FED, FOM e FOD apresentaram padrões distintos de crescimento. Essas diferenças no crescimento de árvores da mesma espécie podem ser consequências das características edafoclimáticas de cada local, da genética de cada indivíduo e dos recursos disponíveis nos vários estágios do ciclo de vida da árvore, proporcionando a liberação ou a supressão do crescimento (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a; ROZENDAAL et al., 2010; ROZENDAAL; ZUIDEMA, 2011; CANETTI et al., 2016; MIRANDA et al., 2018).

Os contrastes entre o incremento das classes de diâmetro de *C. fissilis* podem ser definidos pelas condições climáticas de cada local, uma vez que as três fitofisionomias do Bioma da Mata Atlântica são caracterizadas pela influência do clima no desenvolvimento da sua fitocenose. Fatores como a sazonalidade hídrica (FED), longo período frio com alto índice de geada (FOM) e temperatura média alta com precipitação elevada e bem distribuídas ao ano (FOD) (RAMBO, 1956; GENTRY, 1995; IBGE, 2012) resultam em condições edafoclimáticas diferentes, proporcionando condições mais ou menos favoráveis ao crescimento e sobrevivência das árvores (MULLER-LANDAU et al., 2006).

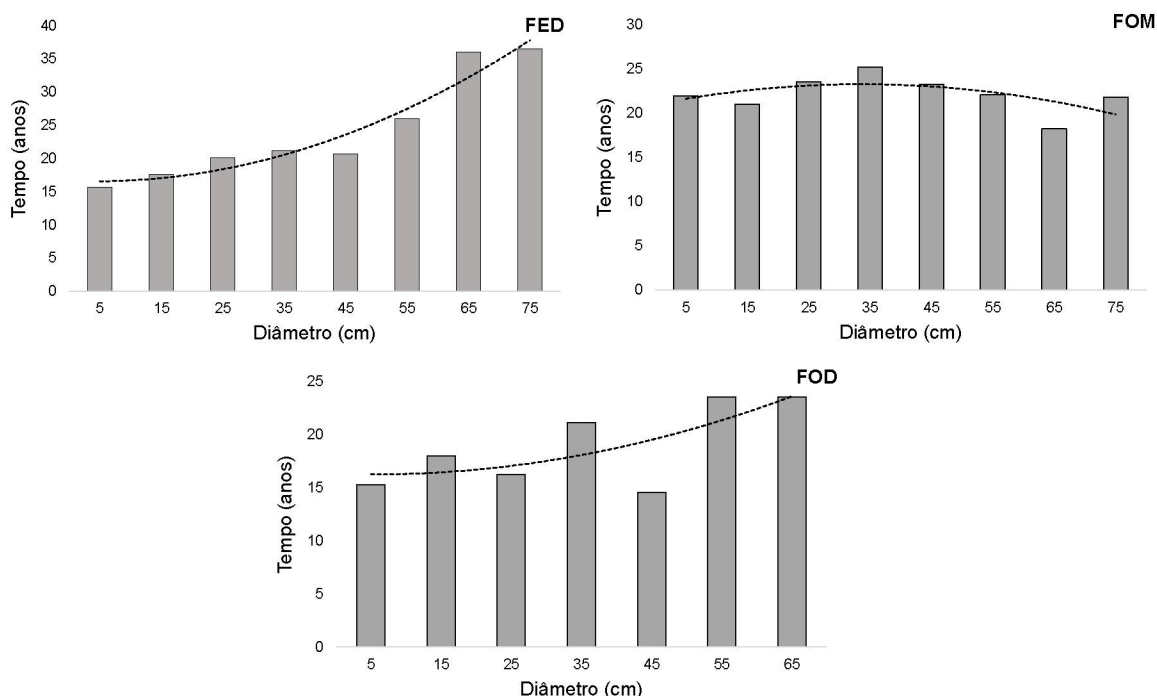
A sazonalidade hídrica é um dos fatores que mais interfere no crescimento de espécies das florestas tropicais. Quando a razão entre a evapotranspiração e precipitação aumenta por longos períodos, as árvores sofrem estresse hídrico e desenvolvem uma dormência do câmbio como resposta às intempéries climáticas (WORBES, 2002; BRIENEN; SCHÖNGART; ZUIDEMA, 2016; WORBES; SCHÖNGART, 2019).

Em relação ao ciclo de vida das árvores, as diferenças dos incrementos nas classes de diâmetro entre populações provavelmente são resultantes dos potenciais de crescimento ocasionados por padrões de liberação ou supressão em cada tipologia florestal. Esses padrões estão relacionados com as diferenças de luz disponível para uma espécie e entre espécies em um ambiente de competição na sucessão ecológica da floresta. Isso resulta em mudanças no crescimento das árvores proporcional a disponibilidade de luz (CLARK, 1990; CLARK; CLARK, 1994; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a; POORTER et al., 2012).

Neste estudo, *C. fissilis* no remanescente da FOD apresentou médias de incremento anual por classe diamétrica superiores aos fragmentos das outras tipologias. Portanto, considerando que é uma espécie secundária inicial exigente de luz, suponha-se que ela, no fragmento da FOD, tem experimentado com mais frequência mudanças temporais dos níveis de luz para os indivíduos localizados no sub-bosque e no sub-dossel. O acesso a luz e a ausência de estresse hídrico, facilitam a liberação do crescimento (CHAZDON et al., 2007, 2011). Além disso, o maior incremento também pode indicar o estágio de regeneração, menos avançado no fragmento da FOD em comparação com os demais, que a população de *C. fissilis* se encontra.

O tempo de passagem também indica padrões de crescimento na trajetória dessa espécie pela liberação e supressão desse crescimento nos fragmentos estudados. *C. fissilis* nos remanescentes da FED e FOD apresentou um tempo de passagem crescente à medida que as árvores avançam as classes diamétricas superiores. Esse comportamento não é assinalado pela espécie no remanescente da FOM onde o crescimento não mostra uma tendência contínua ao longo das classes de diâmetro (FIGURA 5).

FIGURA 5 - TEMPO DE PASSAGEM MÉDIO POR CLASSE DIAMÉTRICA PARA *Cedrela fissilis* NOS FRAGMENTOS DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD)



NOTA: as linhas tracejadas são as linhas de tendência observadas para a espécie em cada fragmento.

FONTE: O autor (2021)

A média do tempo de passagem de *C. fissilis* entre classes de diâmetro foi de 18 anos na FOD, sendo inferior aos demais fragmentos que apresentaram 24 (FED) e 22 (FOM) anos. Esse resultado pode ser consequência do maior aproveitamento do potencial de crescimento pela população de *C. fissilis* na FOD que nos demais fragmentos, condicionado, muito provavelmente, pelas características edafoclimáticas e o estágio de regeneração que o remanescente do litoral se encontra. Essas condições também validam o fato do incremento médio

anual da população de *C. fissilis* ser maior na FOD que nas demais tipologias florestais

A tendência de aumento no tempo de passagem para classes de diâmetros menores ultrapassar para as classes superiores, indica menor tempo de espera abaixo do dossel até a liberação do crescimento pela disponibilidade de luz. Essa trajetória de crescimento é característica das florestas secundárias em fases iniciais de sucessão ecológica, em contrapartida, florestas em estágios mais avançados ou clímax apresentam comportamento mais estável (CLARK, 1990; CLARK; CLARK, 1994; CHAZDON et al., 2007, 2011; POORTER et al., 2012). Portanto, as tendências observadas na Figura 4 sugerem que os fragmentos na FED e FOD apresentam na sua história mais recente intervenções na sua fitocenose, uma vez que na FOM o tempo de passagem entre classes de diâmetro é mais constante, sugerindo que aquela população se encontra sob ambiente de restrição de crescimento.

4.3.3 Modelos de crescimento em diâmetro

A partir da análise dos parâmetros estatísticos (TABELA 7), distribuição gráfica dos resíduos (ANEXOS I, II e III) e observação da performance dos critérios de informação de Akaike corrigido (AICc) e Bayesiano (BIC), o modelo de crescimento selecionado para *C. fissilis* foi o de Weibull para as três áreas nas tipologias florestais estudadas.

TABELA 7 - COEFICIENTES DOS MODELOS DE CRESCIMENTO EM DIÂMETRO AJUSTADOS EM FUNÇÃO DA IDADE E SEUS RESPECTIVOS PARÂMETROS ESTATÍSTICOS PARA *Cedrela fissilis* NOS REMANESCENTES DE FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA DENSA (FOD) EM SANTA CATARINA.

Modelos		Estatísticas					Parâmetros		
		AICc	BIC	Syx(%)	R ² _{adj}	β ₀	β ₁	β ₂	β ₃
FED	Bertalanffy	5981,46	5997,71	21,1	0,97	80	0,003		
	Chapman-Richards	5978,06	5999,73	21,1	0,97	80	0,010	1,040	
	Gompertz	6107,60	6129,27	21,9	0,97	80	2,374	0,016	
	Hossfeld IV	6156,49	6178,15	22,2	0,96	80	3,914	1,342	
	Levakovic III	6460,24	6481,91	24,3	0,96	80	23,919	0,832	

	Logística	6010,31	6031,98	21,3	0,97	80	19788	0,459	
	Lundqvist	6343,59	6365,26	23,5	0,96	80	0,023	6,629	
	Monomolecular	6460,24	6481,91	24,3	0,96	80	23,919	0,832	
	Schumacher	5982,35	6004,02	21,1	0,97	80	0,009	1,004	
	Sloboda	6612,96	6629,22	25,5	0,95	80	46,421		
	Weibull	5989,75	6006,01	21,2	0,97	80	3,433	0,085	0,678
FOM	Bertalanffy	12437,47	12455,46	31,8	0,93	80	0,003		
	Chapman-Richards	12433,40	12457,39	31,8	0,93	80	0,008	1,054	
	Gompertz	12672,58	12696,56	33,0	0,92	80	2,585	0,015	
	Hossfeld IV	12432,82	12456,81	31,7	0,93	80	4,233	1,293	
	Levakovic III	12554,86	12578,85	32,4	0,93	80	21,977	0,764	
	Logística	12432,87	12456,86	31,7	0,93	80	27356	0,474	
	Lundqvist	12983,20	13007,19	34,8	0,91	80	0,023	8,100	
	Monomolecular	12554,86	12578,85	32,4	0,93	80	21,977	0,764	
	Schumacher	12433,87	12457,86	31,8	0,93	80	0,008	1,010	
	Sloboda	12830,79	12848,78	33,9	0,92	80	58,076		
	Weibull	12424,36	12442,35	31,7	0,93	80	6,090	0,279	0,455
FOD	Bertalanffy	3233,39	3247,41	36,8	0,90	80	0,003		
	Chapman-Richards	3234,05	3252,73	36,7	0,90	80	0,009	0,955	
	Gompertz	3281,24	3299,92	37,8	0,90	80	2,592	0,019	
	Hossfeld IV	3237,42	3256,10	36,8	0,90	80	1,866	1,145	
	Levakovic III	3261,95	3280,63	37,4	0,90	80	11,169	0,621	
	Logística	3234,34	3253,01	36,8	0,90	80	22848,000	0,433	
	Lundqvist	3333,99	3352,67	39,1	0,89	80	0,031	8,873	
	Monomolecular	3261,95	3280,63	37,4	0,90	80	11,169	0,621	
	Schumacher	3234,47	3253,15	36,8	0,90	80	0,009	0,993	
	Sloboda	3455,33	3469,35	42,2	0,87	80	45,320		
	Weibull	3232,91	3246,93	36,7	0,90	80	5,552	0,305	0,442

NOTA: a equação seleccionada para modelar o crescimento em diâmetro de *C. fissilis* nos fragmentos está em negrito; AICc é o critério de informação de Akaike corrigido; BIC é o critério de informação

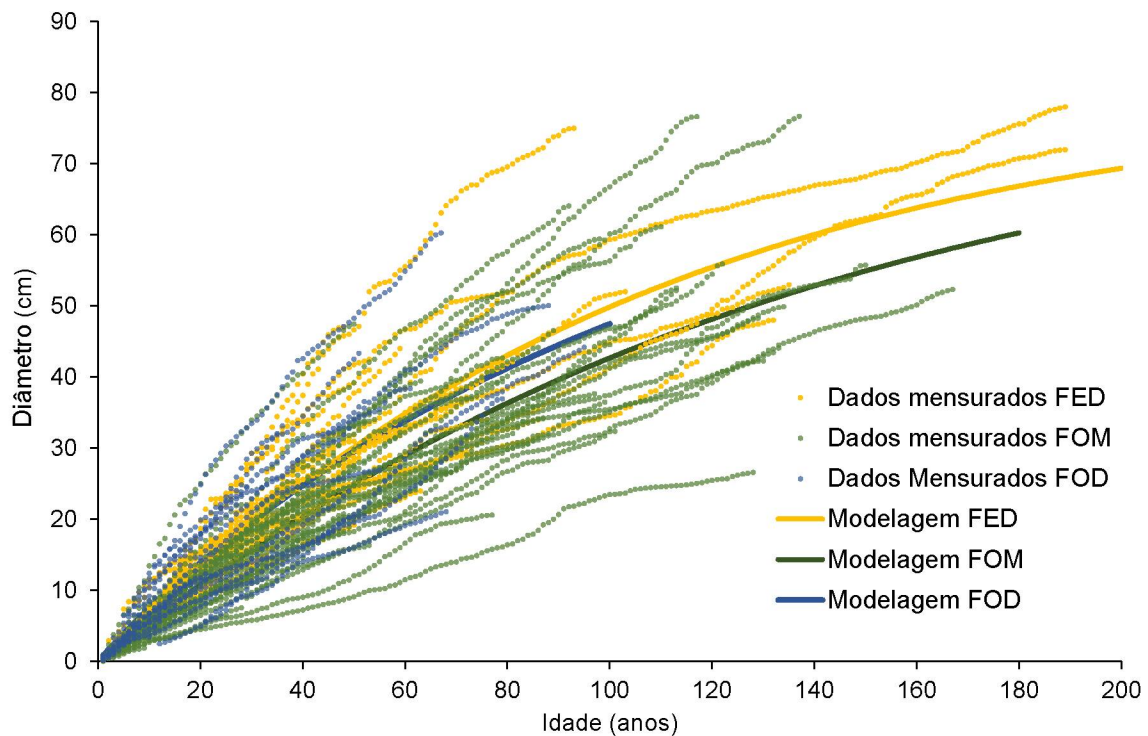
Bayesiano; Syx (%) é o erro padrão da estimativa relativo; R^2_{adj} é o coeficiente de determinação ajustado; e, β_0 , β_1 , β_2 e β_3 são os parâmetros das equações ajustados por regressão não linear.

FONTE: O autor (2021)

A função de crescimento Weibull está entre as mais aplicadas para análise do crescimento em florestas tropicais (ZEIDE, 1993; KIVISTE et al., 2002; BURKHART; TOMÉ, 2012). Essa função multiplicada pelo valor da assíntota dos modelos biológicos (β_0) tem sido utilizada com sucesso na modelagem do crescimento de florestas tropicais, sendo, portanto, um suporte à conservação de florestas naturais através do manejo sustentável (LIMA; BATISTA; PRADO, 2015; PODLASKI, 2008; PODLASKI; ROESCH, 2014; YANG; KOZAK; SMITH, 1978).

A seleção de funções de crescimento que melhor se ajustam as trajetórias dos ciclos de vida das árvores tem significância à modelagem florestal, proporcionando avanços ao manejo das florestas tropicais (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006b; SCHÖNGART, 2008; BURKHART; TOMÉ, 2012; CUNHA; FINGER; HASENAUER, 2016; WORBES; SCHÖNGART, 2019). Nesse sentido, o modelo Weibull também apresentou a estimativa que melhor teve aderência à trajetória do crescimento de *C. fissilis* em função da idade nos remanescentes das três tipologias florestais estudados (FIGURA 6).

FIGURA 6 - CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM FUNÇÃO DA IDADE AJUSTADA PELA EQUAÇÃO DE WEIBULL PARA *Cedrela fissilis* EM REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA



FONTE: O autor (2021)

O crescimento individual de cada árvore ao longo do seu ciclo de vida é representado pelas curvas cumulativas em diâmetro. Para uma mesma fitofisionomia florestal, o comportamento do crescimento reproduzido por uma espécie pode representar um padrão de crescimento da sua população (CLARK, 1990; CLARK; CLARK, 1994; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a). Portanto, a partir dessas trajetórias, é possível observar diferenças no desenvolvimento de *C. fissilis* nas três populações estudadas dessa espécie em Santa Catarina.

Os três fragmentos apresentaram uma tendência semelhante de padrão de crescimento, sendo constante e acelerado até atingir o seu máximo incremento, desacelerando e estagnando com o aumento da idade, porém com tempo e taxas de incremento levemente diferenciados. Esse é o padrão comum de crescimento de espécies secundárias iniciais (CHAZDON et al., 2007, 2011).

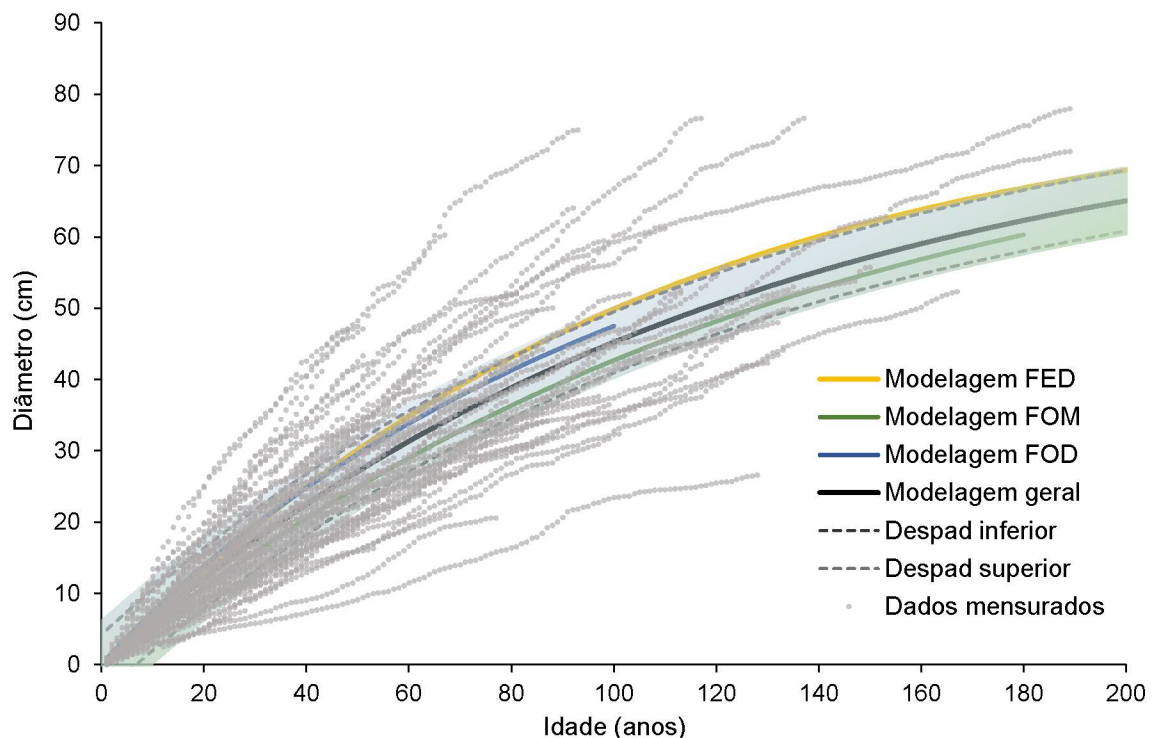
Com base na dispersão dos resíduos, os maiores erros no ajuste das equações acontecem na fase juvenil das árvores, quando elas estão nas classes

diamétricas inferiores (ANEXOS III, IV e V). A fase inicial de crescimento de uma árvore depende do nível de competição que o indivíduo está inserido em busca do dossel. Muitos autores têm registrado variações na trajetória de crescimento de espécies tropicais associados com a intensidade de competição que as árvores estavam submetidas (BRAZ et al., 2015; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006b; CANETTI et al., 2016; MATTOS et al., 2015; ROZENDAAL et al., 2010).

A modelagem do crescimento feita a partir da análise de anéis anuais permite a observação de períodos com liberação e supressão do crescimento, sendo fundamental para compreender as interferências no ciclo de vida das espécies (BAKER et al., 2017; BRIENEN; ZUIDEMA, 2006a, 2006b). A literatura cita *C. fissilis* como uma espécie secundária inicial, mas pela sua ampla ocorrência na América do Sul, é conhecida também pela sua elasticidade para se desenvolver em diferentes estágios sucessionais de uma floresta (LONGHI, 1995; LORENZI, 2002; PINTO; OLIVEIRA-FILHO, 1999; REITZ, 1984). Portanto, as trajetórias de crescimento da espécie nas três tipologias podem estar mais relacionadas com o surgimento de clareiras no passado, favorecendo o acesso a luz, do que com as condições edafoclimáticas.

Pelas curvas individuais de crescimento de *C. fissilis* em cada remanescente, foi possível observar que o crescimento da espécie nas fitofisionomias florestais deste estudo está compreendido entre os limites superiores e inferiores no ajuste geral do modelo para a espécie nas três áreas estudadas (FIGURA 7).

FIGURA 7 - EQUAÇÃO GERAL DE CRESCIMENTO DIAMÉTRICO EM FUNÇÃO DA IDADE DE WEIBULL AJUSTADA PARA *Cedrela fissilis* EM REMANESCENTES FLORESTAIS DO BIOMA MATA ATLÂNTICA EM SANTA CATARINA



FONTE: O autor (2021)

NOTA: o ajuste geral da equação de Weibull para modelar o crescimento em diâmetro de *C. fissilis* nos três remanescente apresentou os seguintes parâmetros estatísticos e de informação: AICc = 15978; BIC = 16011; Syx (%) = 16,6; R^2_{adj} = 0,981; Desvio Padrão = 4,2; e, os coeficientes β_0 , β_1 e β_2 utilizados foram, respectivamente, 80, 0,00792, 1,0108.

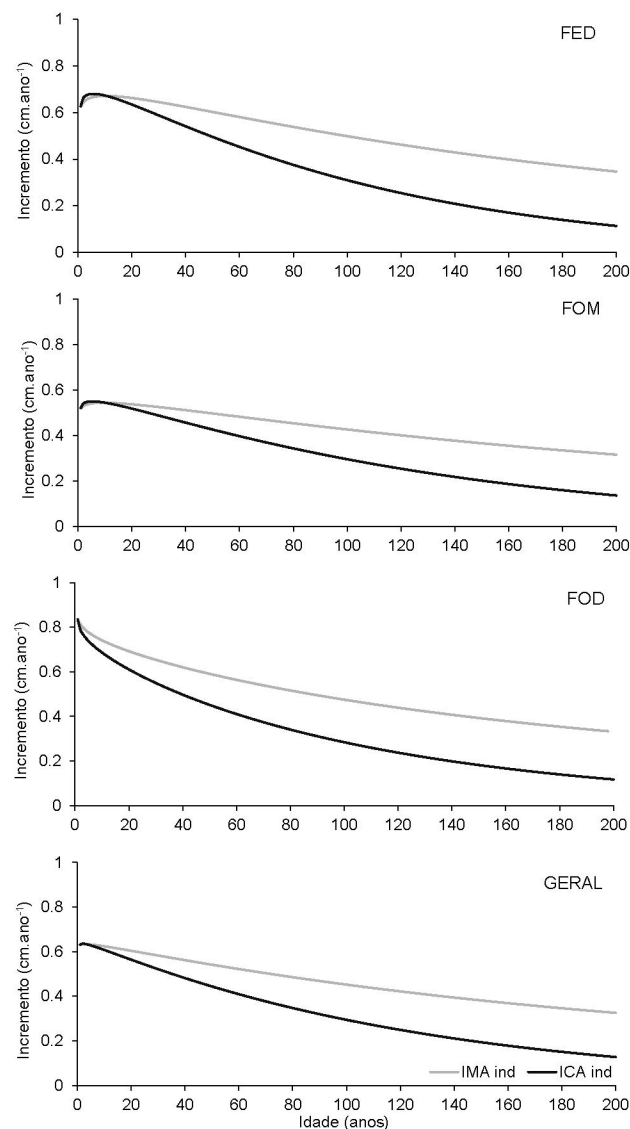
O ajuste da função geral de crescimento de *C. fissilis* para as três tipologias permite observar as curvas individuais de cada tipologia dentro da amplitude da função geral. Dessa forma, o modelo ajustado pode ser utilizado quando não é possível realizar a modelagem do crescimento de *C. fissilis* em florestas ainda não estudadas, uma vez que, apresenta o mesmo padrão dos modelos ajustados individualmente para cada tipologia.

A capacidade produtiva das árvores possui dependência com a idade. Quando a idade é conhecida, torna-se possível fazer inferências sobre o crescimento dessas árvores e suas florestas (ASSMANN, 1970). Dessa forma, as simulações dos incrementos correntes (ICA) e médios anuais (IMA) em diâmetro e em área basal permitem verificar quais momentos são mais adequados às intervenções, embora a determinação de uma idade para o corte não maximiza,

necessariamente, a rentabilidade econômica, mas sim a produção biológica das árvores.

O momento máximo de crescimento biológico em diâmetro experimentado pelos indivíduos de *C. fissilis* ocorreu antes de 20 anos nas três áreas deste estudo, com as taxas máximas de 0,67, 0,54 e 0,83 cm.ano⁻¹, respectivamente, nos remanescentes da FED, FOM e FOD. Esse padrão de crescimento é, conseqüentemente, reproduzido na análise geral das três fitofisionomias (FIGURA 8).

FIGURA 8 - CURVAS DE INCREMENTO EM DIÂMETRO PARA *Cedrela fissilis* NOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA DENSE (FOD) EM SANTA CATARINA.



FONTE: O autor (2021)

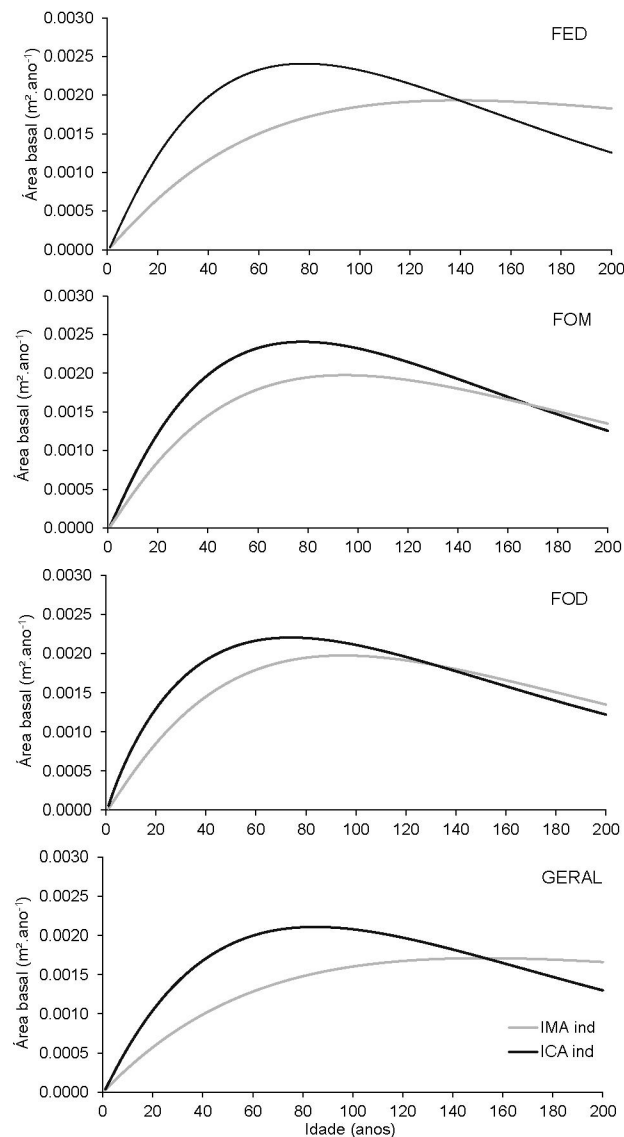
No Sul do Brasil, estudos sobre o incremento corrente e incremento médio em diâmetro de *C. fissilis* resultaram em intersecções que variaram entre 25 e 35 anos, com incrementos máximos de 0,33 a 0,57 cm.ano⁻¹, para remanescentes de diferentes locais na FOD (STEPKA, 2012; CUSATIS et al., 2013; SCHONS, 2019). Outros estudos realizados em florestas tropicais da América do Sul indicaram que uma espécie do mesmo gênero, *C. Odorata*, requer 41 anos para atingir o seu incremento médio anual máximo de 0,79 cm.ano⁻¹ no Norte do Brasil e 45 anos para atingir de 0.59 cm.ano⁻¹ de incremento máximo no Peru (INGA; DEL VALLE, 2017; SANTOS SOUSA, 2019). As diferenças de incremento refletem às condições ambientais do meio para o desenvolvimento das espécies em regiões de fitofisionomias distintas.

4.3.4 Potencial de crescimento da espécie e da população

O ponto de máxima tangência em área basal nas derivações da curva de crescimento dos indivíduos de *C. fissilis* ocorreu, respectivamente, aos 140, 160 e 130 anos, com valores de incremento de 0,0019, 0,0016 e 0,0018 m².ano⁻¹, nos remanescentes da FED, FOM e FOD. À vista disso, a máxima tangência da população de *C. fissilis*, pela análise geral, ocorreu aos 150 anos com incremento de 0,0017 m².ano⁻¹ (FIGURA 9).

Os pontos distintos de intersecção nas Figuras 8 e 9 para cada tipologia e análise geral demonstram que a área basal das árvores continua crescendo ao longo do período de produção, mesmo com o crescimento mais lento nas classes de maior diâmetro. As maiores taxas de incremento em área basal apresentadas pela espécie *C. fissilis* foram 0.0024 m².ano⁻¹ aos 63 anos (FED), 0,0020 m².ano⁻¹ aos 81 anos (FOM) e 0,0022 m².ano⁻¹ aos 58 anos (FOD). Em contraste, um estudo na Floresta Amazônica indicou para *C. odorata* um incremento máximo na ordem de 0.0034 m².ano⁻¹ aos 63 anos e incremento médio de 0.0013 m².ano⁻¹ com tangência aos 110 anos (SANTOS SOUSA, 2019). Esses resultados sugerem que, apesar de *C. odorata* incrementar mais rapidamente, isso não faz com que a espécie tenha maior incremento em área basal, em comparação com *C. fissilis*, ao longo do ciclo de vida da planta. Além disso, a comparação entre espécies e entre tipologias sinaliza as condições ambientais favoráveis ao crescimento das espécies e do gênero nas florestas tropicais

FIGURA 9 - CURVAS DE INCREMENTO EM ÁREA BASAL PARA INDIVÍDUOS DE *Cedrela fissilis* NOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA Densa (FOD) EM SANTA CATARINA.



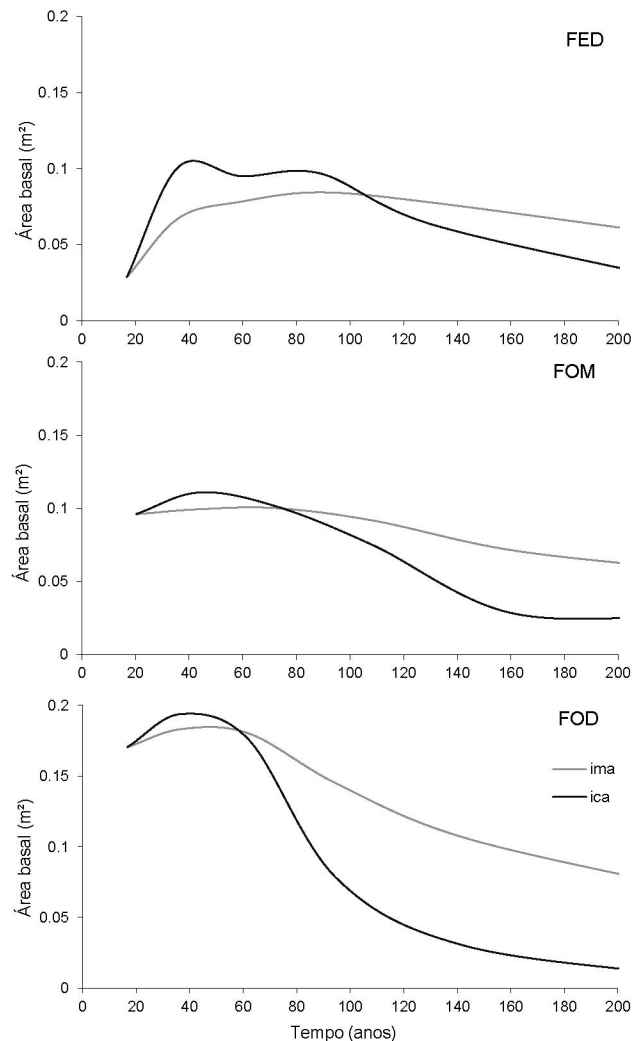
FONTE: O autor (2021)

Conhecer o momento em que uma árvore individual atinge o máximo incremento médio em diâmetro é crucial para a definição das práticas de manejo, uma vez que a culminação do crescimento da população ocorre antes da árvore individual (ASSMANN, 1970). Assim, critérios podem ser adotados a partir da identificação da idade de maximização do incremento médio anual para o manejo da espécie-foco.

Nesse sentido, quando o incremento em área basal da população de *C. fissilis* é observado nas fitofisionomias estudadas, o momento da maximização da

produção biológica acontece antecipadamente, aproximadamente, aos 100, 80 e 60 anos, respectivamente, nas populações da FED, FOM e FOD (FIGURA 10).

FIGURA 10 - CURVAS DE INCREMENTO EM ÁREA BASAL DAS POPULAÇÕES DE *Cedrela fissilis* NOS REMANESCENTES DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL (FED), OMBRÓFILA MISTA (FOM) E OMBRÓFILA DENSE (FOD) EM SANTA CATARINA.



FONTE: O autor (2021)

As culminações das curvas de ICA e os pontos de intersecção com o IMA em área basal nos três fragmentos ocorreram em diâmetros e idades inferiores, quando comparados às curvas de incremento em nível de árvore individual (FIGURAS 9 e 10). Essa culminação antecipada é consequência da dinâmica da espécie, ou seja, do número de indivíduos arbóreos por classe diamétrica, retratando, indiretamente, a mortalidade e a sobrevivência da população (ASSMANN, 1970). Essa explicação sugere que, enquanto as árvores aumentam o tamanho, há perda de indivíduos pela mortalidade, contribuindo com o aumento do

tempo necessário para o alcance dos diâmetros maiores (LUNDQVIST, 1995, 2017). Assim, embora os indivíduos de *C. fissilis* apresentem um crescimento ascendente, as populações aceleram a culminação das suas curvas de incremento em decorrência da mortalidade.

A projeção dos incrementos de cada população da espécie-foco (FIGURA 10) considera que a sua distribuição reproduz padrões ocorridos no passado (CHAZDON, 2003; GOTELLI, 2008; LUNDQVIST, 2017). Esses padrões estão relacionados ao processo de sucessão ecológica que estabelece, por meio dos estágios de transição, associações de espécies ao longo do tempo. O percurso das espécies na sucessão ecológica faz com que duas ou três gerações de árvores passem pela floresta até o alcance do clímax. Esse processo pode chegar a 300 anos ou mais e indica que com o passar do tempo os indivíduos arbóreos da população florestal repetem padrões ao longo de gerações (WORBES, 1992; CHAZDON, 2014).

Uma das premissas para o manejo de florestas nativas é compreender a estrutura do componente arbóreo, a fim de inferir como foi o passado e prever o futuro. As populações de espécies florestais apresentam uma história a partir do ciclo de vida dos indivíduos, representando a trajetória das árvores no avanço entre as classes de diâmetros inferiores às superiores. Dessa forma, a temporalização do crescimento de *C. fissilis* nos três remanescentes configura uma análise do crescimento da população desde o início até a maturidade.

A forma das curvas de incremento corrente anual entre as populações deste estudo sugere que *C. fissilis* na FED tem sofrido oscilações em decorrência da maior frequência entre a liberação e a supressão do crescimento. Em contrapartida, a espécie na FOD, aparentemente, experimenta ambiente favorável ao seu crescimento, devido ao maior incremento máximo, enquanto na FOM, o aspecto da curva sugere uma dinâmica mais equilibrada. Considerando a condição de *C. fissilis* como espécie secundária inicial, esses comportamentos retratam a trajetória de crescimento das árvores ao longo da sucessão florestal na FED, FOM e FOD; e associam a dinâmica dessas populações à capacidade de suporte dos remanescentes para que elas alcancem o incremento máximo. Além disso, reflete a alta capacidade de *C. fissilis* sobreviver por longos períodos de supressão (BRIENEN; ZUIDEMA, 2006b).

C. fissilis apresentou pontos diferentes para a culminação da curva de incremento em área basal nas três tipologias. Um estudo sobre *C. odorata* na Floresta Amazônica identificou maior crescimento da espécie em áreas onde houve exploração seletiva madeireira quando comparadas com áreas não exploradas no passado (SANTOS SOUSA, 2019). Portanto, a antecipação da culminação do incremento máximo em área basal da população de *C. fissilis* no remanescente da FOD reforça a inferência deste trabalho de que os indivíduos se desenvolvem em área em estágio mais recente de sucessão.

Os padrões diferentes das curvas de incremento em área basal de *C. fissilis* em cada tipologia (FIGURAS 9 e 10) reforçam a necessidade da elaboração de diretrizes de manejo florestal sustentável adequadas às características individuais de uma espécie e ou fitofisionomias florestais diferentes (BRAZ et al., 2015; CUNHA; FINGER; HASENAUER, 2016; FORTINI; ZARIN, 2011; MIRANDA et al., 2018; SCHÖNGART, 2008; WORBES; SCHÖNGART, 2019). Assim, pela aplicação de técnicas silviculturais adequadas e fundamentadas nos processos ecológicos de cada fitofisionomia florestal, o manejo florestal permite um aproveitamento racional e sustentável de espécies de relevante interesse ecológico e econômico (HOSOKAWA; MOURA; CUNHA, 1998).

Embora *C. fissilis* apresentou padrões distintos de crescimento para cada fitofisionomia estudada, sugere-se que o manejo sustentável da espécie no Bioma Mata Atlântica em Santa Catarina aconteça aproximadamente aos 30 cm de DAP. Nesse diâmetro foram observadas as maiores taxas de incremento pelas derivações das curvas de crescimento e, quando, aparentemente, ocorre a estabilização do crescimento em altura de *C. fissilis* nas três regiões fitoecológicas.

O manejo sustentável de *C. fissilis* é essencial para o uso racional desse recurso florestal no presente e a conservação do seu valor no futuro. A espécie, quando manejada adequadamente, colabora na manutenção dos valores ambientais da floresta, como a biodiversidade e outros serviços ecossistêmicos. Portanto, o manejo sustentável de *C. fissilis* é uma efetiva estratégia para conservar as florestas tropicais, sendo também uma alternativa econômica para evitar a conversão de florestas para outros usos da terra.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora a coleta de dados florísticos considerou *C. fissilis* como espécie-foco, aparentemente, ela não apresentou restrições de coexistência com outras espécies na Floresta Ombrófila Densa, onde foi observada a menor diversidade arbórea, comparativamente aos fragmentos de Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual.

A competição interespecífica das populações de *C. fissilis* apresentou comportamento semelhante nos fragmentos localizados na Floresta Estacional Decidual e na Floresta Ombrófila Densa, mostrando que a espécie apresentou a liberação do seu crescimento no momento que começou gradativamente a ocupar um espaço no dossel.

As curvas mais íngremes observadas a partir das relações hipsométricas apontam que a espécie, na Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Densa, cresce em ambientes florestais sob estágio de regeneração mais recente, em comparação à Floresta Ombrófila Mista. Além disso, a estabilização do crescimento em altura de *C. fissilis* aos 25 cm de diâmetro indica quando a espécie começa a alcançar o dossel.

As populações de *C. fissilis* nas três tipologias apresentaram padrões diferentes de incrementos por classe diamétrica, influenciando o tempo de passagem para a espécie avançar de classes de diâmetros inferiores às superiores. A espécie na Floresta Ombrófila Densa apresentou o menor tempo de passagem, haja vista ter demonstrado maiores valores de incremento médio por classe diamétrica.

O modelo de crescimento de Weibull foi o que melhor aderiu aos dados de crescimento de *C. fissilis* nas tipologias da Floresta Estacional Decidual, Floresta Ombrófila Mista e Floresta Ombrófila Densa. A espécie nessas fitofisionomias apresentou uma tendência de crescimento semelhante, favorecendo o ajuste de uma equação geral de crescimento de *C. fissilis*, uma vez que modelos ajustados para espécie em outras tipologias florestais no domínio da Mata Atlântica em Santa Catarina são inexistentes.

As populações de *C. fissilis* apresentaram diferentes culminações da curva de incremento em área basal nas três tipologias, sugerindo que a espécie na Floresta Ombrófila Densa se encontra em um estágio de regeneração mais recente

e em ambiente com características edafoclimáticas mais favoráveis ao seu crescimento em relação a Floresta Estacional Decidual e Floresta Ombrófila Mista.

Os resultados desta pesquisa indicam que indivíduos de *C. fissilis* estão presentes em florestas secundárias sob regeneração, cujo desenvolvimento é condicionado às características edafoclimáticas, bem como de competição e de disponibilidade de luz. Os padrões diferentes de incremento em área basal para cada população indicam a necessidade de elaborar diretrizes de manejo florestal diferenciáveis para cada tipologia e estágio de regeneração da floresta.

A compreensão da dinâmica das populações de *C. fissilis*, bem como a composição e a estrutura da floresta que a espécie se encontra, são pontos críticos para o desenvolvimento do manejo florestal sustentável. Assim, o domínio dessas informações torna-se importante para a implantação de projetos de manejo em florestas nativas baseadas no aproveitamento sustentável dos recursos florestais.

REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos na América do Sul: primeira aproximação. **Geomorfologia**, v. 52, p. 1–22, 1977.
- AGBELADE, A. D.; ONYEKWELU, J. C.; OYUN, M. B. Tree Species Richness, Diversity, and Vegetation Index for Federal Capital Territory, Abuja, Nigeria. **International Journal of Forestry Research**, v. 2017, p. 4549756, 2017. DOI: 10.1155/2017/4549756. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2017/4549756>.
- AGUIAR, O. T.; PASTORE, J. A.; ROCHA, F. T.; BAITELLO, J. B. Flora fanerogâmica de um trecho da floresta densa secundária no Parque Estadual da Serra do Mar – Núcleo Cunha/Indaiá. **Revista do Instituto Florestal**, v. 13, n. 1, p. 1–18, 2001.
- ALBIERO-JÚNIOR, A.; VENEGAS-GONZÁLEZ, A. O.; CAMARGO, J. L. C.; ROIG, F. A.; TOMAZELLO-FILHO, M. Amazon Forest fragmentation and edge effects temporarily favored understory and midstory tree growth. **Trees**, v. 35, n. 6, p. 2059–2068, 2021. DOI: 10.1007/s00468-021-02172-1. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00468-021-02172-1>.
- ARAGÃO, J. R. V.; GROENENDIJK, P.; LISI, C. S. Dendrochronological potential of four neotropical dry-forest tree species: Climate-growth correlations in northeast Brazil. **Dendrochronologia**, [S. l.], v. 53, p. 5–16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2018.10.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1125786518300705>.
- ASSMANN, E. **The Principles of Forest Yield Study**. Oxford, New York: Pergamon Press, 1970. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-006658-5.50004-2>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080066585500042>.
- BABST, F. et al. When tree rings go global: Challenges and opportunities for retro- and prospective insight. **Quaternary Science Reviews**, [S. l.], v. 197, p. 1–20, 2018. DOI: 10.1016/j.quascirev.2018.07.009. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0277379118300891>.
- BAILLIE, M. G. L. **A Slice Through Time**. London: Routledge, 1995. DOI: 10.4324/9780203061329. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781136226830>.
- BAKER, J. C. A.; SANTOS, G. M.; GLOOR, M.; BRIENEN, R. J. W. Does Cedrela always form annual rings? Testing ring periodicity across South America using radiocarbon dating. **Trees**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 1999–2009, 2017. DOI: 10.1007/s00468-017-1604-9. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00468-017-1604-9>.
- BARALOTO, C. Rapid Simultaneous Estimation of Aboveground Biomass and Tree Diversity Across Neotropical Forests: A Comparison of Field Inventory Methods. **Biotropica: The Journal of Tropical Biology and Conservation**, [S. l.], v. 45, n. 3,

p. 288–298, 2012. DOI: 10.1111/btp.12006.

BARBIER, E. B.; BURGESS, J. C.; BISHOP, J.; AYLWARD, B. **The Economics of the Tropical Timber Trade**. London: Routledge, 2021. DOI: 10.4324/9780429352249. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9780429352249>.

BARROS, P. L. C. **Estudo das distribuições diamétricas da floresta do Planalto Tapajós – Pará [dissertação]**. 1980. Universidade Federal do Paraná, [S. l.], 1980.

BARRUFOL, M.; SCHMID, B.; BRUELHEIDE, H.; CHI, X.; HECTOR, A.; MA, K.; MICHALSKI, S.; TANG, Z.; NIKLAUS, P. A. Biodiversity promotes tree growth during succession in subtropical forest. **PloS one**, [S. l.], v. 8, n. 11, p. e81246–e81246, 2013. DOI: 10.1371/journal.pone.0081246. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24303037>.

BARTOSZECK, A. C. P. S.; MACHADO, S. A.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da relação hipsométrica em função da idade, do sítio e da densidade inicial depovoamentos de bracatinga da região metropolitana de Curitiba, Paraná. **Revista Árvore**, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 517–533, 2004. DOI: 10.1590/S0100-67622004000400006.

BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: from individuals to ecosystems**. 4. ed. Oxford: Blackwell Science Inc, 2006.

BEHLING, H. Investigations into the Late Pleistocene and Holocene history of vegetation and climate in Santa Catarina (S Brazil). **Vegetation History and Archaeobotany**, [S. l.], v. 2, p. 127–152, 1995.

BEHLING, H. Late Quaternary vegetation, climate and fire history of the Araucaria forest and campos region from Serra Campos Gerais, Paraná State (South Brazil). **Review of Palaeobotany and Palynology**, [S. l.], v. 97, p. 109–121, 1997.

BEHLING, H.; PILLAR, V. D.; BAUERMANN, S. G. Late Quaternary Araucaria forest, grassland (Campos), fire and climate dynamics, studied by high-resolution pollen, charcoal and multivariate analysis of the Cambará do Sul core in southern Brazil. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, [S. l.], v. 203, p. 277–297, 2004. DOI: 10.1016/S0031-0182(03)00687-4.

BRADLEY, R. S. **Paleoclimatology: Reconstructing Climates of the Quaternary**. 2. ed. San Diego: Academic Press, 1999.

BRASIL. **DISPÕE SOBRE A GESTÃO DE FLORESTAS PÚBLICAS PARA A PRODUÇÃO SUSTENTÁVEL**. Brasil, 2006. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11284.htm.

BRASIL. Resolução n. 388/2007, de 23 de fevereiro de 2007. Dispõe sobre a convalidação das resoluções que definem a vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica. Brasil, 2007. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=529>.

BRASIL. **Mata Atlântica: patrimônio nacional dos brasileiros**. Brasília: MMA, 2010.

BRASIL. Código Florestal Brasileiro 2012. Disponível em: <https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=LEI&numero=12651&ano=2012&ato=a48QTVU1kMVpWT59b>.

BRAZ, E.; MATTOS, P.; THAINES, F.; MADRON, L.; GARRASTAZU, M.; CANETTI, A.; D'OLIVEIRA, M.; OLIVEIRA, L. Critérios para a sustentabilidade do segundo ciclo em Floresta Amazônica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 35, p. 209–225, 2015. DOI: 10.4336/2015.pfb.35.83.941.

BRIENEN, R. J. W. et al. Tree height strongly affects estimates of water-use efficiency responses to climate and CO₂ using isotopes. **Nature Communications**, [S. l.], v. 8, n. 1, p. 288, 2017. DOI: 10.1038/s41467-017-00225-z. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/s41467-017-00225-z>.

BRIENEN, R. J. W.; SCHÖNGART, J.; ZUIDEMA, P. A. Tree Rings in the Tropics: Insights into the Ecology and Climate Sensitivity of Tropical Trees. In: GOLDSTEIN, G.; SANTIAGO, L. S. (org.). **Tropical Tree Physiology**. [S. l.] : Springer, 2016. p. 439–461. DOI: 10.1007/978-3-319-27422-5_20. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-27422-5_20.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, [S. l.], v. 146, n. 1, p. 1–12, 2005. DOI: 10.1007/s00442-005-0160-y. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00442-005-0160-y>.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. The use of tree rings in tropical forest management: Projecting timber yields of four Bolivian tree species. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 226, n. 1, p. 256–267, 2006. a. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.01.038>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112706000867>.

BRIENEN, R. J. W.; ZUIDEMA, P. A. Lifetime growth patterns and ages of Bolivian rain forest trees obtained by tree ring analysis. **Journal of Ecology**, [S. l.], v. 94, n. 2, p. 481–493, 2006. b. DOI: 10.1111/j.1365-2745.2005.01080.x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1365-2745.2005.01080.x>.

BRITO, P. S.; CARVALHO, F. A. Estrutura e diversidade arbórea da Floresta Estacional Semidecidual secundária no Jardim Botânico da Universidade Federal de Juiz de Fora. **Rodriguésia**, [S. l.], v. 65, n. 4, p. 817–830, 2014. DOI: 10.1590/2175-7860201465402.

BROKAW, N. V. L. Gap-Phase Regeneration in a Tropical Forest. **Ecology**, [S. l.], v. 66, n. 3, p. 682–687, 1985. DOI: <https://doi.org/10.2307/1940529>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/1940529>.

BROOKER, R. W. Plant–plant interactions and environmental change. **New Phytologist**, [S. l.], v. 171, n. 2, p. 271–284, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01752.x>. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1469-8137.2006.01752.x>.

BROOKER, R. W.; KIKVIDZE, Z. Importance: an overlooked concept in plant interaction research. **Journal of Ecology**, [S. l.], v. 96, n. 4, p. 703–708, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01373.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2745.2008.01373.x>.

BROWN, S.; LUGO, A. E. Tropical secondary forests. **Journal of Tropical Ecology**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 1–32, 1990. DOI: DOI: 10.1017/S0266467400003989. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/article/tropical-secondary-forests/D9FE9ED0D12215EB97D6BBFE931FB86E>.

BURKHART, H. E.; TOMÉ, M. **Modeling Forest Trees and Stands**. New York: Springer, 2012.

CAGLIONI, E.; CURCIO, G. R.; UHLMANN, A.; BONNET, A. ESTRUTURA E DIVERSIDADE DO COMPONENTE ARBÓREO DE FLORESTA ATLÂNTICA NO PARQUE NACIONAL DA SERRA DO ITAJAÍ, SANTA CATARINA. **FLORESTA**, [S. l.], v. 45, n. 2, p. 289, 2014. DOI: 10.5380/rf.v45i2.33499. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/33499>.

CANETTI, A.; DE MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; RICKEN, P.; PELLICO NETTO, S. Retrospective analysis of competition in a forest remnant: A case study of *Podocarpus lambertii* in the Araucaria Forest. **Dendrochronologia**, [S. l.], v. 40, p. 43–49, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2016.05.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1125786516300613>.

CANHAM, C. D.; LEPAGE, P. T.; COATES, K. D. A neighborhood analysis of canopy tree competition: effects of shading versus crowding. **Canadian Journal of Forest Research**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 778–787, 2004. DOI: 10.1139/x03-232. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/x03-232>.

CARVALHO, F. A.; NASCIMENTO, M. T.; BRAGA, J. M. A.. Estrutura e composição florística do estrato arbóreo de um remanescente de Mata Atlântica submontana no município de Rio Bonito, RJ, Brasil (Mata Rio Vermelho). **Revista Árvore**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 717–730, 2007. DOI: 10.1590/S0100-67622007000400017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622007000400017&lng=pt&tlng=pt.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras Volume 1**. Colombo: EMBRAPA, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras Volume 3**. Brasília: EMBRAPA, 2008.

CASTAÑEDA, F. Criteria and indicators for sustainable forest management: International processes, current status and the way ahead. **Unasylva**, [S. l.], v. 51, n. 203, p. 34–40, 2000. Disponível em: https://slunik.slu.se/kursfiler/SG0082/40029.1011/Castaneda2003_Col_SFM.pdf.

CASWELL, H.; COHEN, J. E. Communities in Patchy Environments: A Model of Disturbance, Competition, and Heterogeneity. In: KOLASA, J.; PICKETT, S. T. A.

(org.). **Ecological Heterogeneity**. 1. ed. New York: Springer-Verlag, 1991. p. 97–122.

CHASE, M. W. et al. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, [S. l.], v. 181, n. 1, p. 1–20, 2016. DOI: 10.1111/boj.12385. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/boj.12385>.

CHAZDON, R. L. **Second Growth: The Promise of Tropical Forest Regeneration in an Age of Deforestation**. Chicago: University of Chicago Press, 2014.

CHAZDON, R. L.; PEARCY, R. W.; LEE, D. W.; FETCHER, N. Photosynthetic responses of tropical forest plants to contrasting light environments. In: MULKEY, S. S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A. P. (org.). **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. Boston: Springer, 1996. p. 5–55. DOI: 10.1007/978-1-4613-1163-8_1.

CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human impact and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 51–71, 2003. b. DOI: <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00042>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1433831904700670>.

CHAZDON, R. L.; CHAO, A.; COLWELL, R. K.; LIN, S.; NORDEN, N.; LETCHER, S. G.; CLARK, D. B.; FINEGAN, B.; ARROYO, J. P.. A novel statistical method for classifying habitat generalists and specialists. **Ecology**, [S. l.], v. 92, n. 6, p. 1332–1343, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1890/10-1345.1>. Disponível em: <https://doi.org/10.1890/10-1345.1>.

CHAZDON, R. L.; LETCHER, S. G.; VAN BREUGEL, M.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; FINEGAN, B. Rates of change in tree communities of secondary Neotropical forests following major disturbances. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, [S. l.], v. 362, n. 1478, p. 273–289, 2007. DOI: 10.1098/rstb.2006.1990. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rstb.2006.1990>.

CLARK, D. B. The role of disturbance in the regeneration Neotropical Moist Forest. In: BAWA, K. S.; HADLEY, M. (org.). **Reproductive ecology of tropical forest plants**. Paris: Unesco, 1990. p. 291–315.

CLARK, D. A.; CLARK, D. B. Climate-Induced Annual Variation in Canopy Tree Growth in a Costa Rican Tropical Rain Forest. **Journal of Ecology**, [S. l.], v. 82, n. 4, p. 865–872, 1994. DOI: 10.2307/2261450. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2261450>.

COATES, K. D.; CANHAM, C. D.; LEPAGE, P. T. Above- versus below-ground competitive effects and responses of a guild of temperate tree species. **Journal of Ecology**, [S. l.], v. 97, n. 1, p. 118–130, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2008.01458.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2745.2008.01458.x>.

CONDIT, R. Research in large, long-term tropical forest plots. **Trends in Ecology & Evolution**, [S. l.], v. 10, n. 1, p. 18–22, 1995. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)88955-7](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)88955-7). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169534700889557>.

CONDIT, R.; HUBBELL, S. P.; FOSTER, R. B. Mortality Rates of 205 Neotropical Tree and Shrub Species and the Impact of a Severe Drought. **Ecological Monographs**, [S. l.], v. 65, n. 4, p. 419–439, 1995. DOI: <https://doi.org/10.2307/2963497>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/2963497>.

CORLETT, R. T. Tropical secondary forests. **Progress in Physical Geography: Earth and Environment**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 159–172, 1995. DOI: 10.1177/030913339501900201. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/030913339501900201>.

COSTA, L. G. S.; MANTOVANI, W. Composição e estrutura de clareiras em mata mesófila semidecídua na Bacia de São Paulo. **Instituto Florestal**, [S. l.], n. 1, p. 178–183, 1992.

COSTA, M. S.; VASCONCELLOS, T. J.; BARROS, C. F.; CALLADO, C. H. Does growth rhythm of a widespread species change in distinct growth sites? **IAWA Journal**, [S. l.], v. 34, n. 4, p. 498–509, 2013. DOI: 10.1163/22941932-00000040. Disponível em: https://brill.com/view/journals/iawa/34/4/article-p498_14.xml.

CUBAS, Rafael. **Florística, estrutura e dinâmica de uma Floresta Ombrófila Mista no norte do estado de Santa Catarina**. 2011. Universidade Estadual do Centro-Oeste, [S. l.], 2011.

CUNHA, T. A.; FINGER, C. A. G.; HASENAUER, H. Tree basal area increment models for Cedrela, Amburana, Copaifera and Swietenia growing in the Amazon rain forests. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 365, p. 174–183, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.12.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715007586>.

CURTO, R. A. A. **Avaliação do crescimento e potencial de manejo em plantio superestocado de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze**. 2015. Universidade Federal do Paraná, [S. l.], 2015.

CUSATIS, A. C.; TRAZZI, P. A.; DOBNER JÚNIOR, M.; HIGA, A. R. Dendroecologia de Cedrela fissilis na Floresta Ombrófila Mista. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 33, n. 75, p. 287–297, 2013. DOI: 10.4336/2013.pfb.33.75.474.

DAVID, G. Q.; MARQUES, G. P.; PERES, W. M.; MATOS, D. L.; RODRIGUES, C. Uso de extratos vegetais no controle de fitopatógenos em sementes de Cedrela fissilis. **Caderno de Agroecologia**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 22–36, 2016.

DE RIDDER, M.; VAN DEN BULCKE, J.; VAN ACKER, J.; BEECKMAN, H.. Tree-ring analysis of an African long-lived pioneer species as a tool for sustainable forest management. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 304, p. 417–426, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.05.007>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112713002971>.

DENSLOW, J. S.. Gap Partitioning among Tropical Rainforest Trees. **Biotropica**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 47–55, 1980. DOI: 10.2307/2388156. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/2388156>.

DENSLOW, J. S. TROPICAL RAINFOREST GAPS AND TREE SPECIES DIVERSITY. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 431–451, 1987. DOI: 10.1146/annurev.es.18.110187.002243. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002243>.

DÉTIENNE, P. & JACQUET, P. **Atlas d'identification des bois de l'amazone et des régions voisines**. Nogent-sur-Marne: Centre Technique Forestier Tropical, 1983.

DIETERICH, V. **Forst-Wirtschaftspolitik: Eine Einführung**. 1. ed. Hamburg: Verlag Paul Parey, 1953.

DIXON, R. K.; SOLOMON, A. M.; BROWN, S.; HOUGHTON, R. A.; TREXIER, M. C.; WISNIEWSKI, J. Carbon Pools and Flux of Global Forest Ecosystems. **Science**, [S. l.], v. 263, n. 5144, p. 185–190, 1994. DOI: 10.1126/science.263.5144.185. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.263.5144.185>.

DOUGLASS, A. E. Crossdating in Dendrochronology. **Journal of Forestry**, [S. l.], v. 39, n. 10, p. 825–831, 1941. DOI: 10.1093/jof/39.10.825. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jof/39.10.825>.

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**, [S. l.], v. 79, n. 1, p. 5–11, 2005.

DÜNISCH, O.; BAUCH, J.; GASPAROTTO, L. Formation of increment zones and intraannual growth dynamics in the xylem of *Swietenia macrophylla*, *Carapa guianensis* and *Cedrela odorata* (Meliaceae). **IAWA Journal**, [S. l.], v. 23, n. 2, p. 101–119, 2002. DOI: 10.1163/22941932-90000292. Disponível em: https://brill.com/view/journals/iawa/23/2/article-p101_1.xml.

DURGANTE, F. M.. **Crescimento e incremento de espécies arbóreas dominantes na Amazônia Central**. 2016. INPA, [S. l.], 2016.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. Recomposição de matas ciliares. **IF Série Registros**, [S. l.], n. 4, p. 1–14, 1990.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2020: Main report**. Rome: FAO, 2020. DOI: 10.4060/ca9825en.

FORTINI, L. B.; ZARIN, D. J. Population dynamics and management of

Amazon tidal floodplain forests: Links to the past, present and future. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 261, n. 3, p. 551–561, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.11.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112710006663>.

FRITTS, H. C. **Tree rings and climate**. London: Academic Press, 1976.

FRITTS, H. C.; SWETNAM, T. W. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. **Advances in Ecological Research**, [S. l.], v. 19, p. 111–188, 1989. DOI: 10.1016/S0065-2504(08)60159-2. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0065250408601592>.

FRITZSON, E.; WREGE, M. S.; MANTOVANI, L. E. Climatic aspects related to the distribution of brazilian pine in the state of Santa Catarina. **Floresta**, [S. l.], v. 48, n. 4, p. 503–512, 2018. DOI: 10.5380/rev.v48i4.53272.

GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I. G. **Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005.

GASPER, A. L. et al. Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: espécies da Floresta Estacional Decidual Abstract This paper aims at to present and analyze the flora of Seasonal Deciduous Forests in Santa Catarina , Brazil , based on results of a Floristic and Forest. **Rodriguésia**, [S. l.], v. 64, n. 3, p. 427–443, 2013. DOI: 10.1590/S2175-78602013000300001.

GASPER, A. L. et al. Floristic and Forest Inventory of Santa Catarina : species of evergreen rainforest Abstract This study presents the list of species of Evergreen Rainforest in Santa Catarina , based on 202 sample units established by the Floristic and Forest Inventory of . **Rodriguésia**, [S. l.], v. 65, n. 4, p. 807–816, 2014. DOI: 10.1590/2175-7860201465401.

GENTRY, A. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. *In*: **Seasonal dry tropical forests**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. p. 146–194.

GOMEZ-GARCIA, E.; FONSECA, T. F.; CRECENTE-CAMPO, F.; ALMEIDA, L. R.; DIEGUEZ-ARANDA, U.; HUANG, S.; MARQUES, C. P. Height-diameter models for maritime pine in Portugal: a comparison of basic, generalized and mixed-effects models. **iForest - Biogeosciences and Forestry**, [S. l.], n. 1, p. 72–78, 2016. DOI: 10.3832/for1520-008. Disponível em: <https://iforest.sisef.org/contents/?id=ifor1520-008>.

GONZAGA, A. P. D.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; MACHADO, E. L. M.; HARGREAVES, P.; MACHADO, J. N. M. Diagnóstico florístico-estrutural do componente arbóreo da floresta da Serra de São José, Tiradentes, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 505–520, 2008. DOI: 10.1590/S0102-33062008000200018.

GOTELLI, N. J. **A Primer of Ecology**. 4. ed. Sunderland, Massachusetts: Sinauer Associates Inc., 2008.

HAMMERSCHLAG, I.; MACARIO, K. D.; BARBOSA, A. C.; PEREIRA, G. A.;

FARRAPO, C. L.; CRUZ, F. Annually verified growth of *Cedrela fissilis* from central Brazil. **Radiocarbon**, [S. l.], v. 61, n. 4, p. 927–937, 2019. DOI: 10.1017/RDC.2019.52. Disponível em: https://www.cambridge.org/core/product/identifier/S0033822219000523/type/journal_article.

HARI POUDYAL, B.; MARASENI, T.; COCKFIELD, G. Evolutionary dynamics of selective logging in the tropics: A systematic review of impact studies and their effectiveness in sustainable forest management. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 430, p. 166–175, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112718310806>.

HERRERA, H. A. R.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M. Análise florística e fitossociológica do componente arbóreo da Floresta Ombrófila Mista presente na Reserva Florestal Embrapa/Epagri, Caçador, SC – Brasil. **Floresta**, [S. l.], v. 39, n. 3, 2009. DOI: 10.5380/rf.v39i3.15349. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/15349>.

HOFFMAN, K. M.; STARZOMSKI, B. M.; LERTZMAN, K. P.; GIESBRECHT, I. J. W.; TRANT, A. J. Old-growth forest structure in a low-productivity hypermaritime rainforest in coastal British Columbia, Canada. **Ecosphere**, [S. l.], v. 12, n. 5, p. e03513, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1002/ecs2.3513>. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/ecs2.3513>.

HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: UFPR, 1998.

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INGA, J. G.; DEL VALLE, J. I. Log-relative growth: a new dendrochronological approach to study diameter growth in *Cedrela odorata* and *Juglans neotropica*, Central Forest, Peru. **Dendrochronologia**, [S. l.], v. 44, p. 117–129, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.03.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1125786516300704>.

INPE. **SOS Mata Atlântica e INPE lançam novos dados do Atlas do bioma**. 2019. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5115. Acesso em: 18 maio. 2020.

ISLAM, M.; RAHMAN, M.; BRÄUNING, A. Growth-ring boundary anatomy and dendrochronological potential in a moist tropical forest in Northeastern Bangladesh. **Tree-Ring Research**, [S. l.], v. 74, n. 1, p. 76–93, 2018. DOI: 10.3959/1536-1098-74.1.76. Disponível em: <http://www.bioone.org/doi/10.3959/1536-1098-74.1.76>.

IVANAUSKAS, N.; RODRIGUES, R.; NAVE, A. Fitossociologia de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual em Itatinga, São Paulo, Brasil. **Scientia Forestalis**, [S. l.], n. 56, p. 83–99, 1999.

IVANCHECHEN, S. L. **Estudo morfológico e terminológico do tronco e**

“casca” de 30 espécies arbóreas em Floresta Ombrófila Mista. 1988. Universidade Federal do Paraná, [S. l.], 1988.

JACOBY, G. C. Overview of Tree-Ring Analysis in Tropical Regions. **IAWA Journal**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 99–108, 1989. DOI: 10.1163/22941932-90000478. Disponível em: https://brill.com/view/journals/iawa/10/2/article-p99_2.xml.

KIVISTE, A.; ALVAREZ-GONZÁLEZ, J. G.; ROJO-ALBORECA, A.; RUÍZ-GONZÁLEZ, A. D. **Funciones de crecimiento de aplicación en el ámbito forestal**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria da España, 2002.

KLEIN, R. M. Árvores nativas da Floresta Subtropical do Alto Uruguai. **Sellowia**, [S. l.], v. 24, p. 09–62, 1972.

KLEIN, R. M. Mapa fitogeográfico de Santa Catarina. In: **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1978.

KÖEPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. México, D.F.: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KUNSTLER, G.; ALBERT, C. H.; COURBAUD, B.; LAVERGNE, S.; THUILLER, W.; VIEILLEDENT, G.; ZIMMERMANN, N. E.; COOMES, D. A. Effects of competition on tree radial-growth vary in importance but not in intensity along climatic gradients. **Journal of Ecology**, [S. l.], v. 99, n. 1, p. 300–312, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2010.01751.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2745.2010.01751.x>.

KURASZ, G.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C.; ROSOT, M. A. D. Caracterização do entorno da Reserva Florestal Embrapa/Epagri de Caçador (SC) usando imagem Ikonos. **Floresta**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 641–649, 2008. DOI: 10.5380/rf.v38i4.13159.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura en los trópicos**. Gottingen: Instituto de Silvicultura de la Universidad de Gottingen, 1986.

LAPOLA, D. M. et al. Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**, [S. l.], v. 4, p. 27–35, 2014.

LAROCQUE, G. R. Examining Different Concepts for the Development of a Distance-Dependent Competition Model for Red Pine Diameter Growth Using Long-Term Stand Data Differing in Initial Stand Density. **Forest Science**, [S. l.], v. 48, n. 1, p. 24–34, 2002. DOI: 10.1093/forestscience/48.1.24. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/forestscience/48.1.24>.

LEFLAND, A. B.; DUGUID, M. C.; MORIN, R. S.; ASHTON, M. S. The demographics and regeneration dynamic of hickory in second-growth temperate forest. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 419–420, p. 187–196, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.03.027>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112718301178>.

LEITE, P. F.; KLEIN, R. M. Vegetação. *In: Geografia do Brasil: região Sul*. Rio de Janeiro: IBGE, 1990. p. 113–150.

LIMA, R. A. F.; BATISTA, J. L. F.; PRADO, P. I. Modeling tree diameter distributions in natural forests: an evaluation of 10 statistical models. **Forest Science**, [S. l.], v. 61, n. 2, p. 320–327, 2015. DOI: 10.5849/forsci.14-070. Disponível em: <https://doi.org/10.5849/forsci.14-070>.

LINGNER, D. V.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, N. C.; DLUGOSZ, F. L. Caracterização da estrutura e da dinâmica de um remanescente de Floresta Ombrófila no Planalto Catarinense. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 0, n. 55 SE-Artigos Científicos, p. 55, 2010. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/119>.

LISI, C. S.; PAGOTTO, M. A.; ANHOLETTO, C. R.; NOGUEIRA, F. C.; SANTOS, H. L.; COSTA, C. M.; MENEZES, Í. R. N.; ROIG JUÑET, F. A.; TOMMASIELLO FILHO, M. Dendroecological Studies with *Cedrela odorata* L., Northeastern Brazil. *In: Latin American Dendroecology*. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 37–59. DOI: 10.1007/978-3-030-36930-9_3. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-36930-9_3.

LOCOSSELLI, G. M.; BUCKERIDGE, M. S. Dendrochemistry, a missing link to further understand carbon allocation during growth and decline of trees. **Trees**, [S. l.], v. 31, n. 6, p. 1745–1758, 2017. DOI: 10.1007/s00468-017-1599-2. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s00468-017-1599-2>.

LONGHI, R. A. **Livro das Árvores: árvores e árvoretas do Sul**. 2. ed. Porto Alegre: L&PM, 1995.

LOPES, J. C.; THOMAZ, L. D.; AREAS, H. A.; SILVA, D. M. Levantamento florístico e fitossociológico dos remanescente de Mata Atlântica no Parque Nacional do Caparaó – Ibitirama – ES. *In: 6º CONGRESSO E EXPOSIÇÃO INTERNACIONAL SOBRE FLORESTAS 2000*, Porto Seguro. **Anais** [...]. Porto Seguro: Instituto Ambiental Biosfera, 2000. p. 325–326.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras Volume 1**. 4. ed. São Paulo: Plantarum, 2002.

LUNDQVIST, L. Simulation of sapling population dynamics in uneven-aged *Picea abies* forests. **Annals of Botany**, [S. l.], v. 76, n. 4, p. 371–380, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1995.1110>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305736485711109>.

LUNDQVIST, L. Tamm review: selection system reduces long-term volume growth in *Fennoscandic* uneven-aged Norway spruce forests. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 391, p. 362–375, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.011>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112716310271>.

MACDICKEN, K. G.; SOLA, P.; HALL, J. E.; SABOGAL, C.; TADOUM, M.; DE WASSEIGE, C. Global progress toward sustainable forest management. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 352, p. 47–56, 2015. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.02.005>. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112715000560>.

MACHADO, S. A.; BARTOSZECK, A. C. P. S.; FIGUEIREDO FILHO, A.; OLIVEIRA, E. B. Dinâmica da distribuição diamétrica de bracatingais na região metropolitana de Curitiba. **Revista Árvore**, [S. l.], v. 30, n. 5, p. 759–768, 2006. DOI: 10.1590/S0100-67622006000500009. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622006000500009&lng=pt&tlng=pt.

MACHADO, S. A.; MENDES NASCIMENTO, R. G.; AUGUSTYNICZIK, A. L. D.; SILVA, L. C. R. S.; FIGURA, M. A.; PEREIRA, E. M.; TÊO, S. J. Comportamento da relação hipsométrica de *Araucaria angustifolia* no capão da Engenharia Florestal da UFPR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 0, n. 56, p. 5, 2010. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/58>.

MAGURRAN, A. E. **Ecological Diversity and its Measurement**. Princeton: Princeton University Press, 1988.

MAGURRAN, A. E.; MCGILL, B. J. **Biological Diversity: Frontiers in Measurement and Assessment**. [s.l.: s.n.].

MARCATI, C. R.; OLIVEIRA, J. S.; MACHADO, S. R.. Growth rings in cerrado woody species: occurrence and anatomical markers. **Biota Neotropica**, [S. l.], v. 6, n. 3, 2006. DOI: 10.1590/S1676-06032006000300001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032006000300001&lng=en&tlng=en.

MARIMON, B. S.; LIMA, E. S. Caracterização fitofisionômica e levantamento florístico preliminar no Pantanal dos Rios Mortes-Araguaia, Cocalinho, Mato Grosso, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, [S. l.], v. 15, n. 2, p. 213–229, 2001. DOI: 10.1590/S0102-33062001000200008. Disponível em:
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062001000200008&lng=pt&tlng=pt.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro Vermelho da Flora do Brasil**. 1. ed. Rio de Janeiro: Instituto Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

MATSUO, T.; MARTÍNEZ-RAMOS, M.; BONGERS, F.; VAN DER SANDE, M. T.; POORTER, L. Forest structure drives changes in light heterogeneity during tropical secondary forest succession. **Journal of Ecology**, [S. l.], v. 109, n. 8, p. 2871–2884, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13680>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1365-2745.13680>.

MATTOS, P. P.; OLIVEIRA, M. F.; AGUSTINI, A. F.; BRAZ, E. M.; RIVERA, H.; OLIVEIRA, Y. M. M.; ROSOT, M. A. D.; GARRASTAZU, M. C. Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 30, n. 64, p. 319–326, 2010. DOI: 10.4336/2010.pfb.30.64.319.

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GASSON, P.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A.; BARACAT, A.; ARAUJO, E. L.

Climate-tree growth relationships of *Mimosa tenuiflora* in Seasonally Dry Tropical Forest, Brazil. **CERNE**, [S. l.], v. 21, n. 1, p. 141–149, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521011460. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-77602015000100141&nrm=iso.

MATTOS, R. B. **Produtividade e incremento de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Cedrela fissilis* Cell. e *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. ex steud., em floresta nativa no Rio Grande do Sul**. 2007. Universidade Federal de Santa Maria, [S. l.], 2007.

MELILLO, J. M.; MCGUIRE, A. D.; KICKLIGHTER, D. W.; MOORE, B.; VOROSMARTY, C. J.; SCHLOSS, A. L. Global climate change and terrestrial net primary production. **Nature**, [S. l.], v. 363, n. 6426, p. 234–240, 1993. DOI: 10.1038/363234a0. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/363234a0>.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; SILVA, M. A.; FILGUEIRAS, T. S.; WALTER, B. M. T. Caracterização Florística da região do Espigão Mestre do São Francisco, Bahia e Minas Gerais. **Boletim do Herbário Ezechias Paulo Heringer**, Brasília, v. 6, p. 38–94, 2000.

MIRANDA, Z.; GUEDES, M.; ROSA, S.; SCHÖNGART, J.. Volume increment modeling and subsidies for the management of the tree *Mora paraensis* (Ducke) Ducke based on the study of growth rings. **Trees**, [S. l.], v. 32, 2018. DOI: 10.1007/s00468-017-1630-7.

MORELLATO, L. P. C.; HADDAD, C. F. .. Introduction: The Brazilian Atlantic Forest. **Biotropica**, [S. l.], v. 32, p. 786–792, 2000.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and Methods of Vegetation Ecology**. [s.l: s.n.]. DOI: 10.2307/213332.

MULLER-LANDAU, H. C. et al. Comparing tropical forest tree size distributions with the predictions of metabolic ecology and equilibrium models. **Ecology Letters**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 589–602, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2006.00915.x>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1461-0248.2006.00915.x>.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, [S. l.], v. 403, p. 853–858, 2000.

NARVAES, I. S.; BRENA, A. D.; LONGHI, S. J. Estrutura da Regeneração Natural em Floresta Ombrófila Mista na Floresta Nacional de São Francisco de Paula. **Ciencia Florestal**, [S. l.], v. 15, n. 5, p. 331–342, 2005.

NEILSON, R. P.; PITELKA, L. F.; SOLOMON, A. M.; NATHAN, R.; MIDGLEY, Guy F.; FRAGOSO, J. M. V.; LISCHKE, H.; THOMPSON, K. Forecasting Regional to Global Plant Migration in Response to Climate Change. **BioScience**, [S. l.], v. 55, n. 9, p. 749–759, 2005. DOI: 10.1641/0006-3568(2005)055[0749:FRTGPM]2.0.CO;2. Disponível em: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0749:FRTGPM\]2.0.CO](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0749:FRTGPM]2.0.CO).

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA, V. P.; MASSIGNAN, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M. R.; VALCI, F. V. **Atlas climatológico do estado de Santa Catarina**. Florianópolis. Disponível em: https://ciram.epagri.sc.gov.br/ciram_arquivos/atlasClimatologico/atlasClimatologico.pdf.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. **Ecology, Evolution, and Systematics**, [S. l.], v. 40, p. 437–457, 2009.

PENNINGTON, R. T.; PRADO, D.; PENDRY, C. Neotropical seasonally dry forests and Pleistocene vegetation changes. **Journal of Biogeography**, [S. l.], v. 27, p. 261–273, 2000.

PEREIRA, L. D. **Dendroecologia de *Cedrela fissilis* (Vell.) na Região de Santa Maria, RS**. 2011. Universidade Federal de Santa Maria, [S. l.], 2011.

PIAZZA, W. F. **A colonização de Santa Catarina**. 3. ed. Florianópolis: Lunardelli, 1994.

PIELOU, E. C. **The interpretation of ecological data: a primer on classification and ordination**. New York: John Wiley & Sons, Ltd, 1984.

PINTO, J. R. R.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Perfil florístico e estrutura da comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, [S. l.], v. 22, n. 1, p. 53–67, 1999. DOI: 10.1590/S0100-84041999000100008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-84041999000100008&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt.

PIRES, P. T. L.; ZILLI, A. L.; BLUM, C. T. **Atlas da Floresta Atlântica no Paraná - Área de abrangência do Programa Proteção da Floresta Atlântica**. Curitiba: SEMA, 2005.

PODLASKI, R. Characterization of diameter distribution data in near-natural forests using the Birnbaum–Saunders distribution. **Canadian Journal of Forest Research**, [S. l.], v. 38, n. 3, p. 518–527, 2008. DOI: 10.1139/X07-190. Disponível em: <https://doi.org/10.1139/X07-190>.

PODLASKI, R.; ROESCH, F. Modelling diameter distributions of two-cohort forest stands with various proportions of dominant species: A two-component mixture model approach. **Mathematical Biosciences**, [S. l.], v. 249, 2014. DOI: 10.1016/j.mbs.2014.01.007.

POLETTE, M.; SILVA, L. H. M. M. Zona Costeira. In: RICARDO, B.; CAMPANILI, M. (org.). **Almanaque Brasil Sócio Ambiental**. Brasília: ISA, 2007. p. 195–215.

POORTER, H.; NIKLAS, K. J.; REICH, P. B.; OLEKSYN, J.; POOT, P.; MOMMER, L. Biomass allocation to leaves, stems and roots: meta-analyses of interspecific variation and environmental control. **New Phytologist**, [S. l.], v. 193, n. 1, p. 30–50, 2012.

PUMIJUMNONG, N.; SONGTRIRAT, P.; BUAJAN, S.; PREECHAMART, S.; CHAREONWONG, U.; MUANGSONG, C. Climate control of cambial dynamics and tree-ring width in two tropical pines in Thailand. **Agricultural and Forest Meteorology**, [S. l.], v. 303, p. 108394, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2021.108394>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192321000770>.

PUTZ, F. E.; SIST, P.; FREDERICKSEN, T.; DYKSTRA, D. Reduced-impact logging: Challenges and opportunities. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 256, n. 7, p. 1427–1433, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.036>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112708002892>.

RAMBO, B. Regenwald am oberen Uruguay. **Sellowia**, [S. l.], v. 7, p. 183–223, 1956.

REES, M.; CONDIT, R.; CRAWLEY, M.; PACALA, S.; TILMAN, D. Long-term studies of vegetation dynamics. **Science**, [S. l.], v. 293, n. 5530, p. 650–655, 2001. DOI: [10.1126/science.1062586](https://doi.org/10.1126/science.1062586). Disponível em: <https://science.sciencemag.org/content/293/5530/650>.

REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**. Itajaí: Herbario Barbosa Rodrigues, 1984.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. **Projeto madeira de Santa Catarina**. Florianópolis: Sudesul IBDF, 1978.

RIZZINI, C. T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Âmbito Cultural, 1997.

ROBINSON, M. et al. Uncoupling human and climate drivers of late Holocene vegetation change in southern Brazil. **Nature**, [S. l.], p. 1–10, 2018. DOI: [10.1038/s41598-018-24429-5](https://doi.org/10.1038/s41598-018-24429-5).

ROSOT, M. A. D.; OLIVEIRA, Y. M. M.; MATTOS, P. P.; GARRASTAZU, M. C.; SHIMIZU, J. Y. **Monitoramento na Reserva Florestal da Embrapa/Epagri (RFEE) em Caçador, SC**. Colombo: Embrapa Florestas, 2007. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/314074/1/Doc158.pdf>.

ROZENDAAL, D. M. A.; BRIENEN, R. J. W.; SOLIZ-GAMBOA, C. C.; ZUIDEMA, P. A. Tropical tree rings reveal preferential survival of fast-growing juveniles and increased juvenile growth rates over time. **New Phytologist**, [S. l.], v. 185, n. 3, p. 759–769, 2010. DOI: [10.1111/j.1469-8137.2009.03109.x](https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.03109.x). Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8137.2009.03109.x>. Acesso em: 24 fev. 2021.

ROZENDAAL, D. M. A.; ZUIDEMA, P. A. **Dendroecology in the tropics: a review trees - structure and function**. Springer, 2011. DOI: [10.1007/s00468-010-0480-3](https://doi.org/10.1007/s00468-010-0480-3). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00468-010-0480-3>. Acesso em: 24 fev. 2021.

SABATIA, C. O.; BURKHART, H. E. Competition among loblolly pine trees:

does genetic variability of the trees in a stand matter? **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 263, p. 122–130, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.09.009>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112711005561>.

SANTOS SOUSA, L. K. V. **Dendrocronologia aplicada no manejo de árvores de cedro (*Cedrela odorata*) L. e jatobá (*Hymenaea courbaril*) L. ocorrentes na FLONA Tapajós, PA**. 2019. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2019.

SCHMITZ, Rafael. **Estrutura fitossociológica e crescimento de *Cedrela fissilis* Vell. em Floresta Estacional Decidual no Extremo Oeste de Santa Catarina**. 2014. Universidade Estadual do Centro-Oeste, [S. l.], 2014.

SCHÖNGART, J. Growth-Oriented Logging (GOL): a new concept towards sustainable forest management in Central Amazonian várzea floodplains. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 256, n. 1, p. 46–58, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.03.037>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112708002831>.

SCHÖNGART, J.; PIEDADE, M. T. F.; WITTMANN, F.; JUNK, W. J.; WORBES, M. Wood growth patterns of *Macaranga acaciifolia* (Benth.) Benth. (Fabaceae) in amazonian black-water and white-water floodplain forests. **Oecologia**, [S. l.], v. 145, n. 3, p. 454–461, 2005. DOI: 10.1007/s00442-005-0147-8. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00442-005-0147-8>.

SCHONS, C. T. **Índices de competição, fatores climáticos e razão de movimento no crescimento de espécies arbóreas da Floresta Ombrófila Mista**. 2019. Universidade Federal do Paraná, [S. l.], 2019.

SCHONS, C. T.; FIGUEIREDO FILHO, A.; SANTOS, T. L.; NASCIMENTO, R. G. M. Índices de competição em nível de árvore individual para espécies da Floresta Ombrófila Mista. **Scientia Forestalis**, [S. l.], v. 48, n. 128, 2020. DOI: 10.18671/scifor.v48n128.13. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr128/2318-1222-scifor-48-128-e3275.pdf>.

SCHORN, L. A.; MEYER, L.; SEVEGNANI, L.; VIBRANS, A. C.; LINGNER, V.; GASPER, A. L.; UHLMANN, A.; VERDI, M.; STIVAL-SANTOS, A. Fitossociologia de fragmentos de floresta estacional decidual no estado de Santa Catarina – Brasil. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 821–831, 2014. DOI: 10.5902/1980509816582.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree Rings and Environment Dendroecology**. Berne, Switzerland: Paul Haupt, 1996.

SEVEGNANI, L. Vegetação da Bacia do Rio Itajaí em Santa Catarina. In: SCHÄFFER, W. B.; PROCHONOW, M. (org.). **A Mata Atlântica e você: como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira**. Brasília: APREMAVI, 2002. p. 85–102.

SILVA, A. C.; HIGUCHI, P.; AGUIAR, M. D.; NEGRINI, M.; FERT NETO, J.; HESS, A. F. Relações florísticas e fitossociologia de uma Floresta Ombrófila Mista Montana Secundária em Lages, Santa Catarina. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 22, n. 1,

2012. DOI: 10.5902/198050985091. Disponível em: <http://cascavel.ufsm.br/revistas/ojs-2.2.2/index.php/cienciaflorestal/article/view/5091>.

SILVA, J. A.; SALOMÃO, A. N.; GRIPP, A.; LEITE, E. J. Phytosociological survey in Brazilian Forest Genetic Reserve of Caçador. **Plant Ecology**, [S. l.], v. 133, n. 1, p. 1–11, 1997. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/20050536>.

SILVA, M. B.; ROCHA, R. P.; MORRONE, J. J. Historical relationships of areas of endemism of the Brazilian Atlantic rain forest: a cladistic biogeographic analysis of harvestman taxa (Arachnida: Opiliones). **Current Zoology**, [S. l.], v. 63, n. August 2016, p. 525–535, 2017. DOI: 10.1093/cz/zow092.

SILVEIRA PAULILO, M.; DUZ, S.; SIMINSKI, A.; SANTOS, M. Responses to light changes in tropical seedlings of the Brazilian Atlantic rainforest tree species *Cecropia glazioui* (Cecropiaceae) and *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **Australian Journal of Botany - AUST J BOT**, [S. l.], v. 55, 2007. DOI: 10.1071/BT04089.

SIMINSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S.; FANTINI, A. C. Sucessão florestal secundária no município de São Pedro de Alcântara, litoral de Santa Catarina: estrutura e diversidade. **Ciência Florestal**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 21, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/1778>.

SIRY, J. P.; CUBBAGE, F. W.; AHMED, M. R. Sustainable forest management: global trends and opportunities. **Forest Policy and Economics**, [S. l.], v. 7, n. 4, p. 551–561, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2003.09.003>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389934103001084>.

SOUZA, A. F.; SANTOS, L.; CORTEZ, R.; LONGHI, S. J.. Native forest management in subtropical South America: long-term effects of logging and multiple-use on forest. **Biodivers Conserv**, [S. l.], p. 1953–1969, 2012. DOI: 10.1007/s10531-012-0287-1.

SPEER, J. H. **Fundamentals of Tree-Ring Research**. Arizona: University of Arizona, 2009.

STEPKA, T. F. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de Araucaria angustifolia, Cedrela fissilis e Ocotea porosa no sul do Brasil**. 2012. Universidade Federal do Paraná, [S. l.], 2012.

STEPKA, T. F.; MATTOS, P. P.; FIGUEIREDO FILHO, A.; BRAZ, E. M.; MACHADO, S. A.. Growth of *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* and *Ocotea porosa* in different locations within the *Araucaria* forest in the Southern Brazil. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 486, p. 118941, 2021. DOI: 10.1016/j.foreco.2021.118941.

STRAUSS-DEBERIEDETTI, S.; BAZZAZ, F. A. Photosynthetic characteristics of tropical trees along successional gradients. In: MULKEY, S. S.; CHAZDON, R. L.; SMITH, A. P. (org.). **Tropical Forest Plant Ecophysiology**. Boston, MA: Springer US, 1996. p. 162–186. DOI: 10.1007/978-1-4613-1163-8_6. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4613-1163-8_6.

SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetatio**, [S. l.], v. 75, n. 1–2, p. 81–86, 1988. DOI: 10.1007/BF00044629. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/BF00044629>.

THOMÉ, N. **O Ciclo da Madeira no Contestado**. Caçador: Clube de Autores, 2018.

THUILLER, W. et al. Predicting global change impacts on plant species' distributions: future challenges. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, [S. l.], v. 9, n. 3, p. 137–152, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2007.09.004>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1433831907000376>.

UBERTI, A. A. A. **Santa Catarina: proposta de divisão territorial em regiões edafoambientais homogêneas**. 2005. Universidade Federal de Santa Catarina, [S. l.], 2005. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/102371>.

VAN DER MEER, P. J.; BONGERS, F. Formation and closure of canopy gaps in the rain forest at Nouragues, French Guiana. **Vegetatio**, [S. l.], v. 126, n. 2, p. 167–179, 1996. DOI: 10.1007/BF00045602. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/BF00045602>.

VELOSO, H. P.; OLIVEIRA-FILHO, L. C.; VAZ, A. M. S. F.; LIMA, M. P. M.; MARQUETE, R.; BRAZAO, J. E. M. **Manual técnico da vegetação brasileira**. Rio de Janeiro: IBGE, 1992.

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

VESTER, H. F. M.; NAVARRO-MARTÍNEZ, M. A. Ecological Issues in Community Tropical Forest Management in Quintana Roo, Mexico. In: BRAY, D. B.; MERINO-PÉREZ, L.; BARRY, D. (org.). **The Community Forests of Mexico: Managing for Sustainable Landscapes**. [s.l.] : University of Texas Press, 2021. p. 181–214. DOI: doi:10.7560/706378-011. Disponível em: <https://doi.org/10.7560/706378-011>.

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Floresta Estacional Decidual**. Blumenau: Edifurb, 2012.

VIBRANS, A. C.; SEVEGNANI, L.; GASPER, A. L.; LINGNER, D. V. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina: Floresta Ombrófila Mista**. Blumenau: Edifurb, 2013. a.

VIBRANS, A. C. et al. Structure of mixed ombrophylous forests with *Araucaria angustifolia* (Araucariaceae) under external stress in Southern Brazil. **Revista Biologia Tropical**, [S. l.], v. 59, n. September, p. 1371–1387, 2011.

VIBRANS, Alexander Christian; SEVEGNANI, Lucia; GASPER, André Luís; LINGNER, Débora Vanessa. **Inventário Florístico Florestal de Santa Catarina:**

Floresta Ombrófila Densa. Blumenau: Edifurb, 2013. b.

VIBRANS, A.; SEVGNANI, L.; LINGNER, D.; GASPER, A.; SABBAGH, S. Inventário florístico florestal de Santa Catarina (IFFSC): aspectos metodológicos e operacionais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, [S. l.], v. 30, 2010. a. DOI: 10.4336/2012.pfb.64.291.

VIBRANS, A.; SEVGNANI, L.; LINGNER, D.; GASPER, A.; SABBAGH, S. **Unidade amostral 995 (FOD) Localidade de Rancho Bom, Schroeder, SC.** Blumenau. Disponível em: <https://www.iff.sc.gov.br/resultados/ciclo-1-2007-a-2011>.

WEBER, P.; BUGMANN, H.; FONTI, P.; RIGLING, A. Using a retrospective dynamic competition index to reconstruct forest succession. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 254, n. 1, p. 96–106, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.07.031>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112707005610>.

WEIGELT, A.; JOLLIFFE, P. Indices of plant competition. **Journal of Ecology**, [S. l.], v. 91, n. 5, p. 707–720, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2003.00805.x>. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1365-2745.2003.00805.x>.

WEISKITTEL, A.; HANN, D.; KERSHAW, J.; VANCLAY, J.. **Forest Growth and Yield Modeling**. [s.l.: s.n.]. DOI: 10.1002/9781119998518.

WHITMORE, T. C. Canopy Gaps and the Two Major Groups of Forest Trees. **Ecology**, [S. l.], v. 70, n. 3, p. 536–538, 1989. DOI: 10.2307/1940195. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.2307/1940195>.

WHITMORE, T. C. **An introduction to tropical rain forests**. Oxford: Clarendon, 1990.

WIGLEY, T. M. L.; JONES, P. D.; BRIFFA, K. R. Cross-dating methods in dendrochronology. **Journal of Archaeological Science**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 51–64, 1987. DOI: 10.1016/S0305-4403(87)80005-5.

WORBES, M.; STASCHEL, R.; ROLOFF, A.; JUNK, W. J. Tree ring analysis reveals age structure, dynamics and wood production of a natural forest stand in Cameroon. **Forest Ecology and Management**, [S. l.], v. 173, n. 1, p. 105–123, 2003. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00814-3](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00814-3). Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112701008143>.

WORBES, M. Occurrence of seasonal climate and tree-ring research in the tropics. In: PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL DENDROCHRONOLOGICAL SYMPOSIUM 1992, **Anais [...]**. : University of Lund, 1992. p. 338–342.

WORBES, M. How to Measure Growth Dynamics in Tropical Trees a Review. **IAWA Journal**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 337–351, 1995. DOI: 10.1163/22941932-90001424. Disponível em: https://brill.com/view/journals/iawa/16/4/article-p337_4.xml.

WORBES, M. One hundred years of tree-ring research in the tropics – a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, [S. l.], v. 20, n. 1–2, p. 217–231, 2002. DOI: 10.1078/1125-7865-00018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1125786504700181>.

WORBES, M; SCHÖNGART, J. Measures for sustainable forest management in the tropics – A tree-ring based case study on tree growth and forest dynamics in a Central Amazonian lowland moist forest. **PLOS ONE**, [S. l.], v. 14, n. 8, p. 1–21, 2019. DOI: 10.1371/journal.pone.0219770. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219770>.

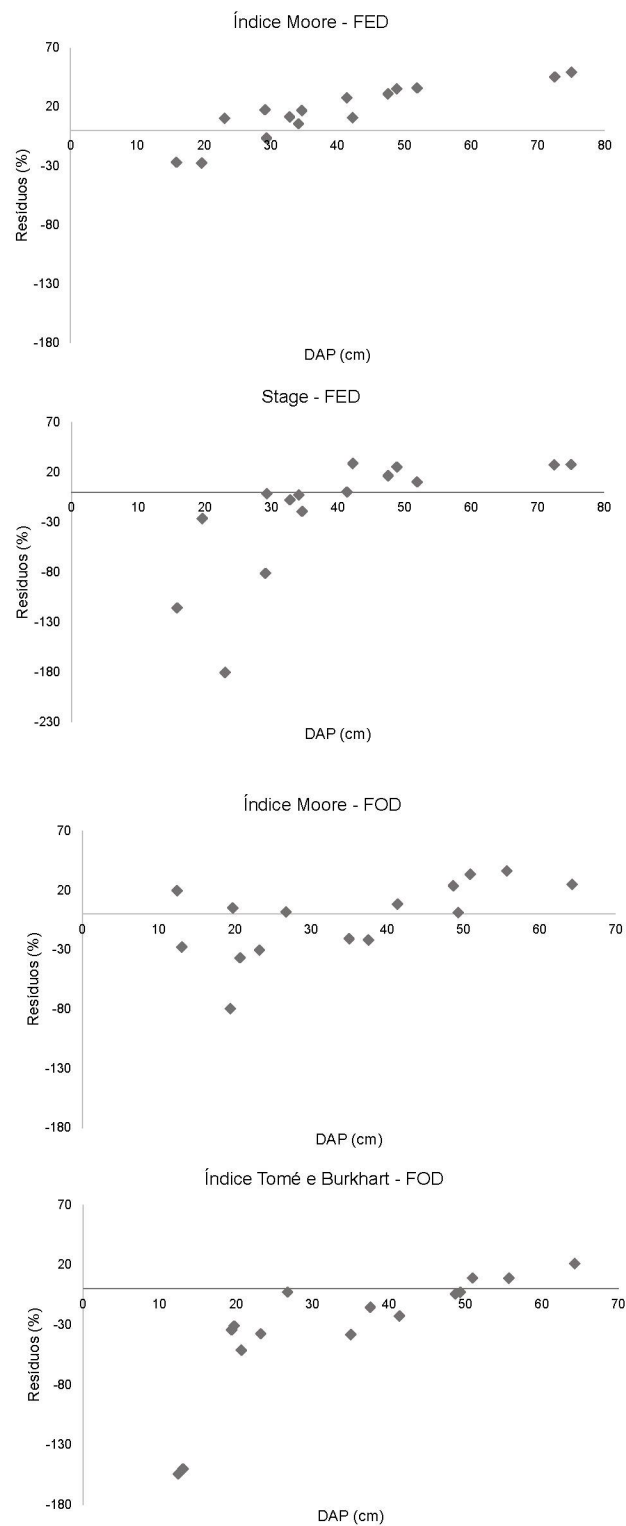
XAVIER, A; SANTOS, G. A.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de miniestaca caulinar e foliar na propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 351–356, 2003. DOI: 10.1590/S0100-67622003000300011.

YANG, R. C.; KOZAK, A.; SMITH, J. H. G. The potential of Weibull-type functions as flexible growth curves. **Canadian Journal of Forest Research**, [S. l.], v. 8, p. 424–431, 1978. DOI: doi.org/10.1139/x78-062.

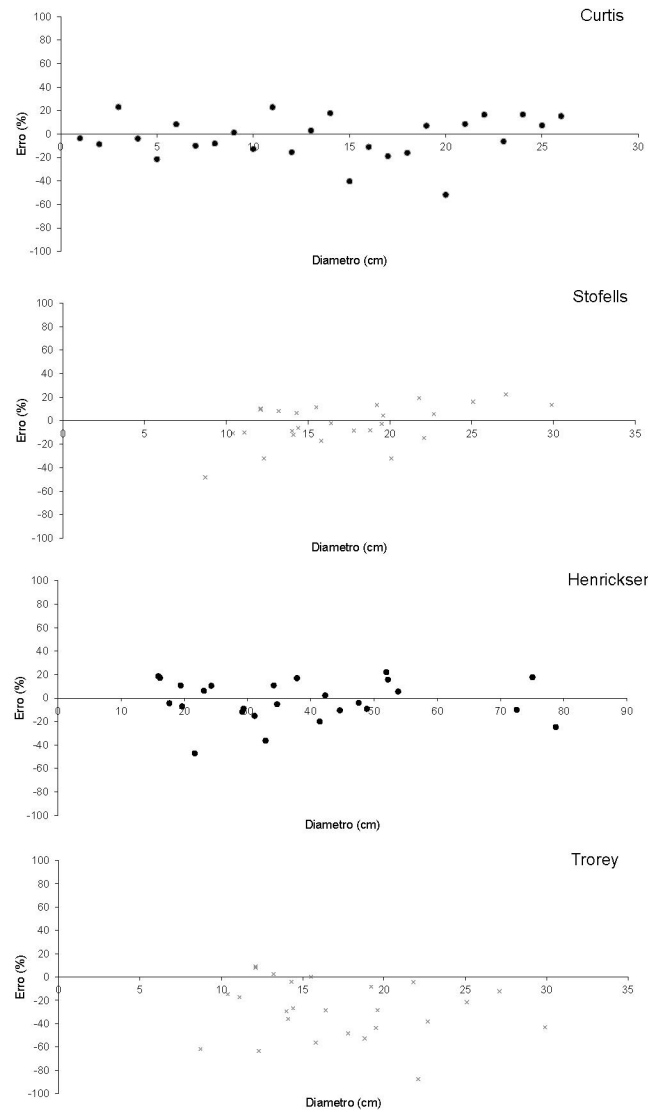
ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, [S. l.], v. 39, p. 594–616, 1993.

ZUIDEMA, P. A.; BRIENEN, R.J. W.; SCHÖNGART, J. Tropical forest warming: Looking backwards for more insights. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 27, p. 193–194, 2012. DOI: 10.1016/j.tree.2011.12.007.

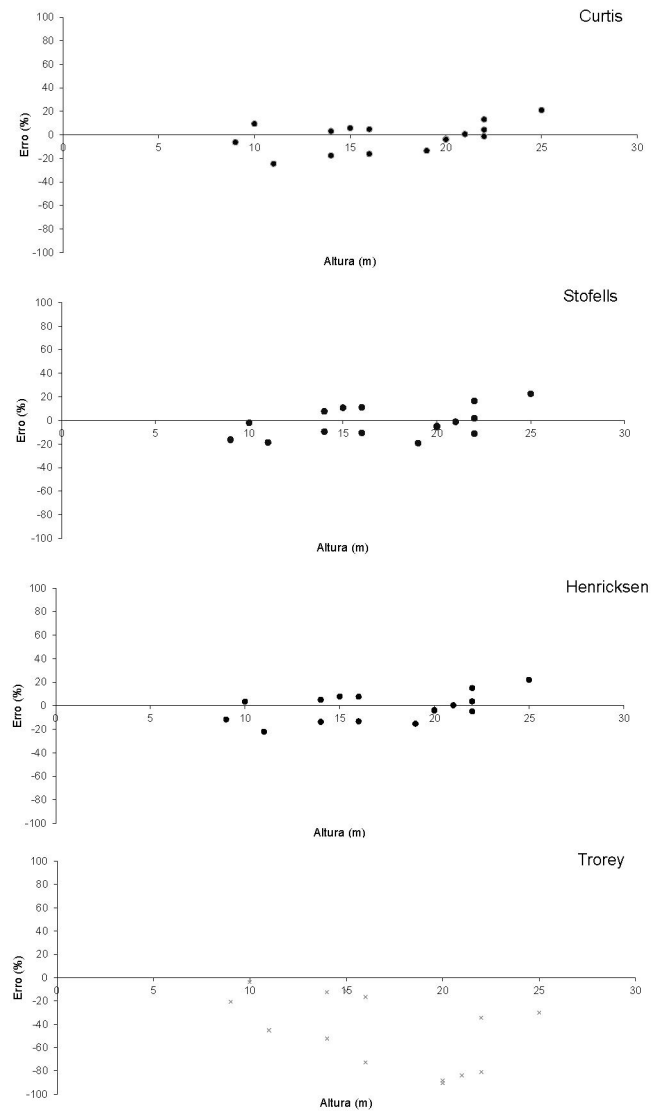
ANEXO I – RESÍDUOS DO AJUSTE DOS MODELOS PARA DESCREVER O ÍNDICE DE COMPETIÇÃO



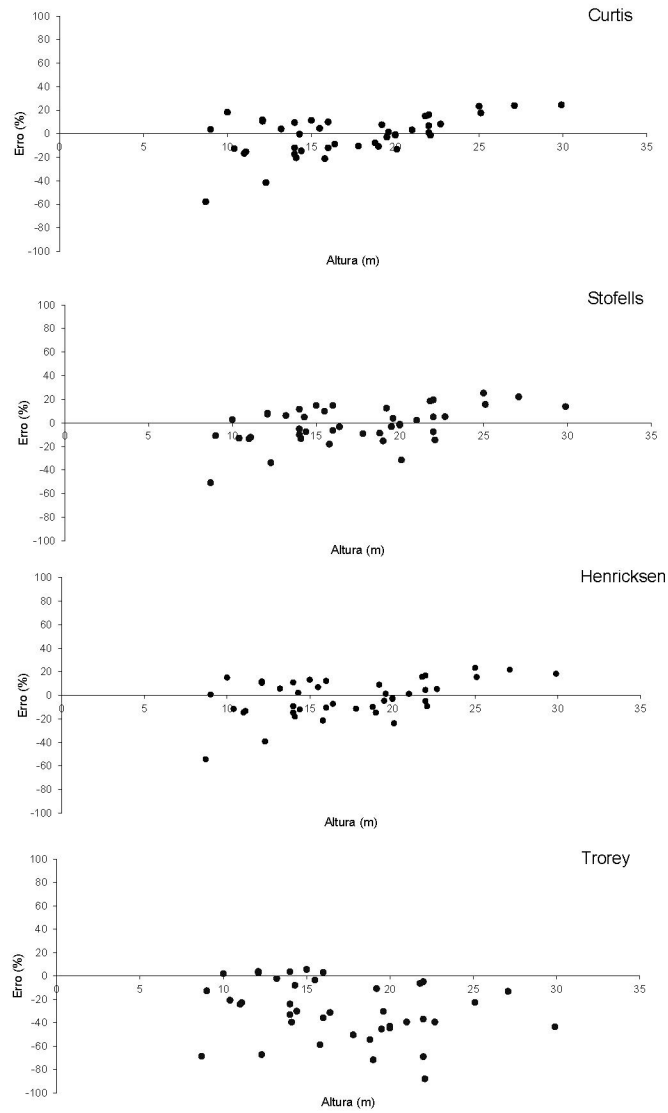
**ANEXO II – RESÍDUOS DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA AJUSTADA PARA
Cedrela fissilis EM FRAGMENTO DA FLORESTA ESTACIONAL DECIDUAL**



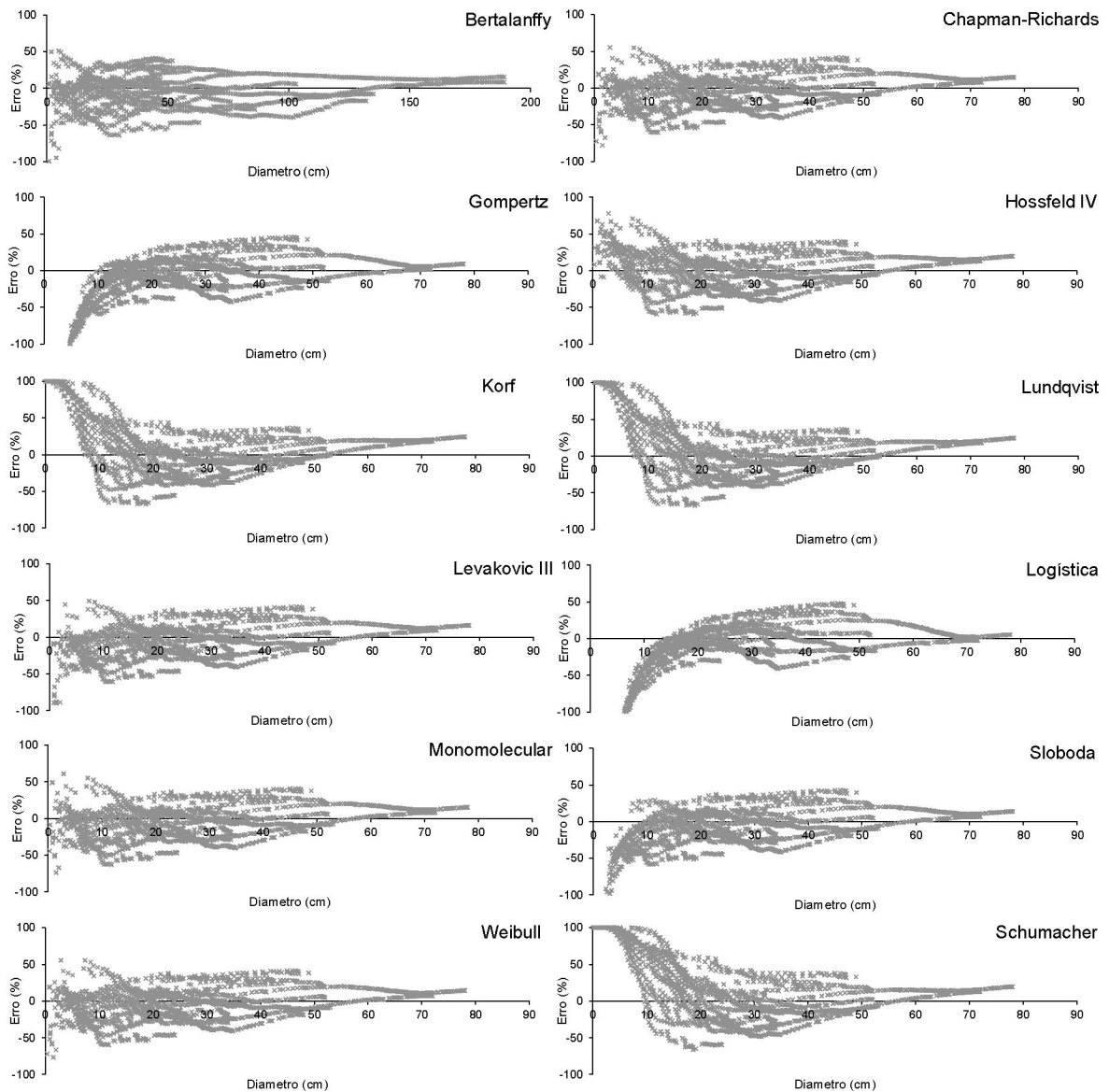
ANEXO III – RESÍDUOS DA RELAÇÃO HIPSONÉTRICA AJUSTADA PARA
Cedrela fissilis **EM FRAGMENTO DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSE**



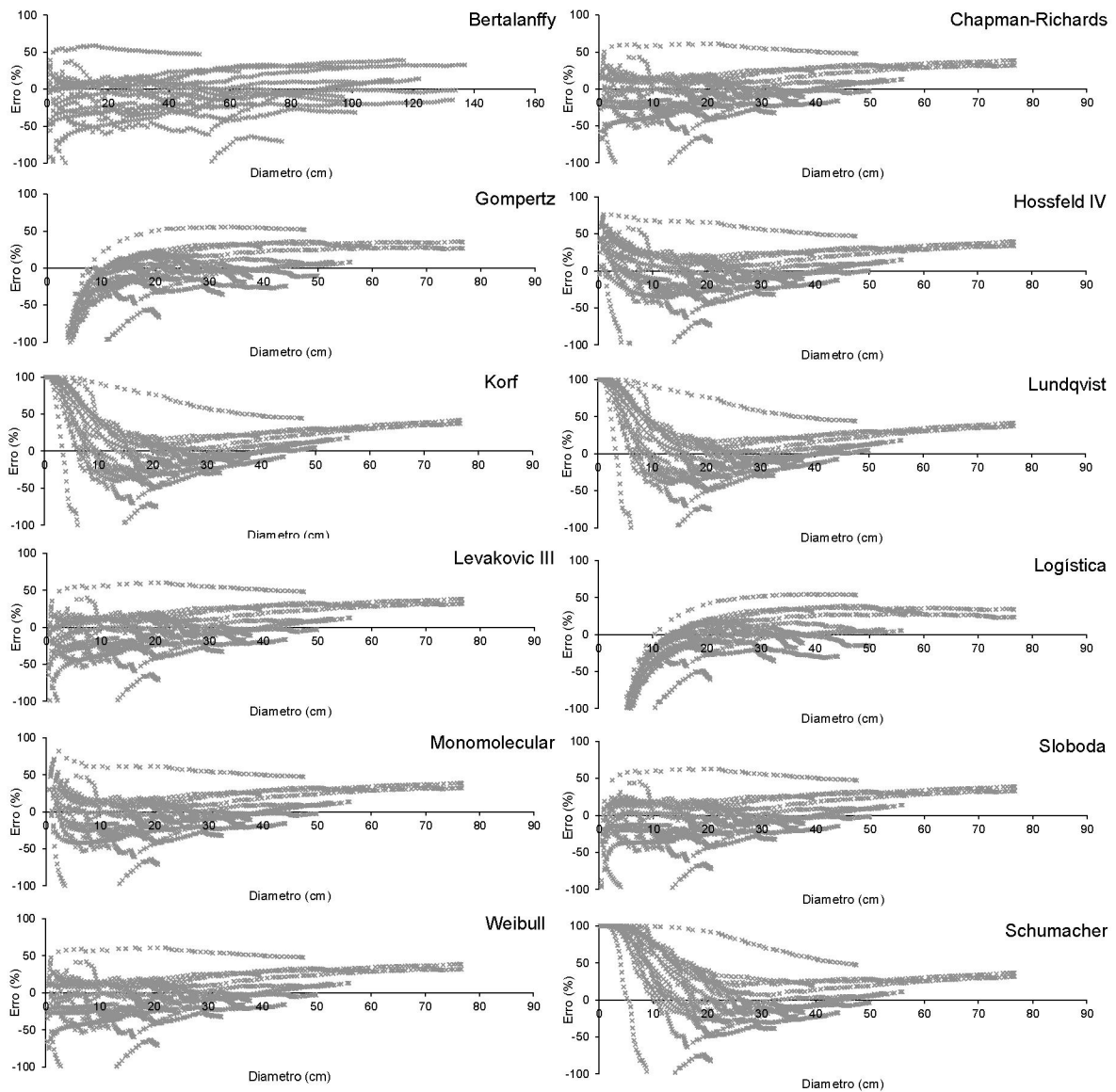
**ANEXO IV – RESÍDUOS DA RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA GERAL AJUSTADA
PARA *Cedrela fissilis***



**ANEXO V – RESÍDUOS PARA O AJUSTE DOS MODELOS DE CRESCIMENTO
PARA *Cedrela fissilis* NO REMANESCENTE DA FLORESTA ESTACIONAL
DECIDUAL**



ANEXO VI – RESÍDUOS PARA O AJUSTE DOS MODELOS DE CRESCIMENTO PARA *Cedrela fissilis* NO REMANESCENTE DA FLORESTA OMBRÓFILA MISTA



ANEXO VII - RESÍDUOS PARA O AJUSTE DOS MODELOS DE CRESCIMENTO PARA *Cedrela fissilis* NO REMANESCENTE DA FLORESTA OMBRÓFILA DENSA

