

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS DE CURITIBANOS
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA, BIODIVERSIDADE E FLORESTAS
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Thaís do Nascimento

Imbuías multisseculares: Dendrocronologia e propriedades físico-anatômicas da madeira de
Ocotea porosa

Curitibanos, SC

2022

Thaisa do Nascimento

Imbuías multisseculares: Dendrocronologia e propriedades físico-anatômicas da madeira de
Ocotea porosa

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Florestal do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Magnos Alan Vivian

Curitibanos, SC

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Nascimento, Thaisa

Imbuías multisseculares : Dendrocronologia e propriedades físico-anatômicas da madeira de *Ocotea porosa* / Thaisa Nascimento ; orientador, Magnos Alan Vivian, 2022.
49 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Campus Curitibanos, Graduação em Engenharia Florestal, Curitibanos, 2022.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. Anatomia da madeira. 3. Árvores gigantes. 4. Densidade. 5. Dimensões das fibras. I. Alan Vivian, Magnos. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

Thaís do Nascimento

Imbuías multisseculares: Dendrocronologia e propriedades físico-anatômicas da madeira de
Ocotea porosa

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia Florestal” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Florestal

Curitiba, 02 de março de 2022.



Documento assinado digitalmente
Marcelo Bonazza
Data: 03/03/2022 08:20:23-0300
CPF: 047.641.899-25
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Marcelo Bonazza
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente
Magnos Alan Vivian
Data: 02/03/2022 17:11:29-0300
CPF: 007.088.210-06
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Magnos Alan Vivian
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
DJALMA EUGENIO SCHMITT
Data: 03/03/2022 08:15:56-0300
CPF: 050.180.539-76
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Djalma Eugênio Schmitt
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente
Marcelo Callegari Scipioni
Data: 02/03/2022 18:08:27-0300
CPF: 007.081.889-40
Verifique as assinaturas em <https://v.ufsc.br>

Prof. Dr. Marcelo Callegari Scipioni
Avaliador
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, Zezita Marcondes Carneiro, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e me dando forças para continuar e que tornou possível a realização deste sonho.

As minhas irmãs, Thaína do Nascimento e Bruna Aparecida do Nascimento, pelo companheirismo, incentivo e ajuda nos momentos difíceis.

Aos amigos e colegas, que me acompanharam nessa jornada.

Ao meu Orientador, Magnos Alan Vivian, por todos os ensinamentos, paciência e disponibilidade.

Ao Prof. Marcelo Callegari Scipioni e Prof^a Karina Soares Modes pela ajuda durante a elaboração deste trabalho.

A todos os professores do curso de engenharia florestal da Universidade Federal de Santa Catarina, que através de seus ensinamentos permitiram que eu pudesse concluir este trabalho.

E aos demais colegas que de algum modo, contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigada!

RESUMO

Estudos sobre características da madeira de árvores multisseculares ao longo dos anéis de crescimento, como a imbuia, ainda são incipientes no Brasil. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar a idade, densidade e a morfologia das fibras da madeira de árvores multisseculares da espécie imbuia (*Ocotea porosa*), provenientes de amostras de secções transversais de árvores > 1 m de diâmetro. As amostras são originárias de árvores mortas ocasionadas por eventos naturais (microexplosões) e corte ilegal. Dessas árvores, foram utilizados discos. Esses foram lixados para possibilitar a análise e contagem dos anéis de crescimento para estimativa da idade. A partir disto, retirou-se uma bagueta radial do disco, que foi marcada em porções a cada 10% no sentido medula-casca (0%=próximo à medula, 100%=próximo à casca), totalizando 11 amostras por árvore. Cada amostra foi submetida ao processo de maceração, visando a individualização das fibras para mensuração das dimensões de comprimento, largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular, bem como dos indicadores anatômicos de fração parede, coeficiente de flexibilidade, índice de enfiletamento e índice de Runkel. Além disso, foram extraídas amostras dos discos para determinação da densidade básica e verde. Por meio do estudo dendrocronológico foi possível constatar que as árvores são multisseculares e de forma geral, conclui-se que a madeira de *O. porosa* apresenta boa homogeneidade para densidade e dimensões de suas fibras ao longo dos anos. Não foi observada diferença estatística para densidade básica para as três árvores de diferentes idades e que as dimensões das fibras e indicadores anatômicos não variaram de forma significativa no sentido radial (medula-casca). Tal homogeneidade é interessante do ponto de vista comercial ou de futuros plantios florestais, que mesmo árvores mais jovens poderão apresentar madeira de qualidade, com propriedades semelhantes a árvores mais velhas.

Palavras-chave: Anatomia da madeira. Árvores gigantes. Densidade. Dimensões das fibras.

ABSTRACT

Studies on wood characteristics of multi-secular trees along the growth rings, such as imbuia, are still incipient in Brazil. Thus, the aim of the present study was to evaluate the age, density and morphology of wood fibers from multi-secular trees of the imbuia species (*Ocotea porosa*), from samples of cross-sections of trees > 1 m in diameter. The samples come from dead trees caused by natural events (microexplosions) and illegal logging. From these trees, disks were used. These were sanded to enable analysis and counting of growth rings to estimate age. From this, a radial baguette was removed from the disk, which was marked in portions every 10% in the pith-bark direction (0%=near the pith, 100%=near the bark), totaling 11 samples per tree. Each sample was submitted to the maceration process, aiming at the individualization of the fibers to measure the dimensions of length, width, lumen diameter and cell wall thickness, as well as the anatomical indicators of wall fraction, flexibility coefficient, enfelting index and of Runkel. In addition, samples were extracted from the disks to determine the basic and green density. Through the dendrochronological study it was possible to verify that the trees are multi-secular and, in general, it is concluded that the wood of *O. porosa* presents good homogeneity for density and dimensions of its fibers over the years. No statistical difference was observed for basic density for the three trees of different ages and that the dimensions of the fibers and anatomical indicators did not vary significantly in the radial direction (bone marrow-bark). This homogeneity is interesting from the commercial point of view or from future forest plantations, that even trees younger trees may have quality wood, with properties similar to older trees.

Keywords: Wood anatomy. Giant trees. Density. Fiber dimensions.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Aspectos da <i>Ocotea porosa</i>	13
Figura 2 – Anéis de crescimento distintos da madeira de <i>Ocotea porosa</i>	14
Figura 3 – Áreas de origem das amostras avaliadas.....	18
Figura 4 – <i>O. porosa</i> apreendida pela Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, utilizada no estudo.....	19
Figura 5 – Exemplo das posições amostradas: A – entre 0 e 20%; B – entre 40 e 50%; C – entre 70 e 80%.....	20
Figura 6 – Determinação da densidade. A – Corpos de prova; B – Determinação do volume verde através do método de imersão.....	21
Figura 7 – Disco de <i>O. porosa</i> e bagueta radial. A – Disco de <i>O. porosa</i> utilizado; B – Bagueta radial retirada do disco com exemplo das marcações a cada 10% do raio;.....	22
Figura 8 – Etapas do processo de maceração. A – Fragmentos de madeira nos tubos de ensaio; B – Processo de maceração em banho-maria; C – Fibras maceradas; D – Montagem de lâminas; E – Utilização do microscópio e F – Aquisição de imagens.....	23
Figura 9 – Imagens das fibras em diferentes aumentos. A – Aumento de 40x e B – Aumento de 400x.	24
Figura 10 – Exemplo de imagem digital da bagueta obtida pela Scanner Epson 12000XL.	25
Figura 11 – Mensuração da amostra da <i>O. porosa</i> 1 de Vargem Bonita, SC.....	28
Figura 12 – Mensuração da amostra da <i>O. porosa</i> 2 de Ponte Alta do Norte, SC.	31
Figura 13 – Amostra deteriorada da <i>O. porosa</i> 3 de Ponte Alta do Norte, SC.	34
Figura 14 – Dimensões médias das fibras da madeira e desvio padrão para <i>O. porosa</i> 1,2 e 3: A - variação radial do comprimento (mm), B - largura das fibras (mm), C - diâmetro de lúmen (μm) e D - espessura de fibras da madeira de <i>O. porosa</i>	37
Figura 15 – Indicadores anatômicos médios e desvio padrão para <i>O. porosa</i> 1,2 e 3: A - Fração parede, B - Coeficiente de flexibilidade, C - Índice de Runkel e D - Índice de enfeltramento, levando em consideração a média entre as três árvores estudadas.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Informações das árvores utilizadas no estudo.	19
Tabela 2 – Densidade básica e verde da madeira de <i>O. porosa</i>	26
Tabela 3 – Parâmetros obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da <i>O. porosa</i> 1.	28
Tabela 4 – Parâmetros anatômicos obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da <i>O. porosa</i> 1.	29
Tabela 5 – Parâmetros obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da <i>O. porosa</i> 2.	30
Tabela 6 – Parâmetros anatômicos obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da <i>O. porosa</i> 2.	32
Tabela 7 – Parâmetros anatômicos obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da <i>O. porosa</i> 3.	34

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	11
1.1.1	Objetivo Geral.....	11
1.1.2	Objetivos Específicos	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	A ESPÉCIE <i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso.....	12
2.2	DENSIDADE BÁSICA E MORFOLOGIA DAS FIBRAS.....	14
2.3	ÁRVORES MULTISSEculares E DENDROCRONOLOGIA	16
3	METODOLOGIA.....	18
3.1	Coleta e preparo do material.....	18
3.2	Densidade básica e verde.....	20
3.3	Caracterização morfológica das fibras no sentido radial.....	21
3.4	Dendrocronologia	25
3.5	Análise estatística	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1	DENSIDADE BÁSICA E VERDE.....	26
4.2	DENDROCRONOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FIBRAS.....	27
4.2.1	<i>Ocotea porosa</i> 1 – Vargem Bonita.....	27
4.2.2	<i>Ocotea porosa</i> 2 – Ponte Alta do Norte.....	30
4.2.3	<i>Ocotea porosa</i> 3 – Ponte Alta do Norte.....	33
4.2.4	Valores morfológicos e anatômicos médios das fibras para <i>Ocotea porosa</i>	35
5	CONCLUSÃO.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Estudos sobre desenvolvimento, crescimento e características da madeira de árvores multisseculares, como as imbuías (*Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso), ainda são incipientes no Brasil. A espécie foi muito explorada pela beleza e qualidade da madeira (CNCFLORA, 2022). Atualmente, a espécie está na lista nacional de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, com o status de EN (Em perigo), publicada na Portaria nº 443, de 2014, do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2014). Estudos recentes demonstram a raridade das grandes árvores dessa espécie (>1,5 m DAP). Em virtude da exploração madeireira, restaram poucas imbuías antigas de grande porte ou troncos monumentos disponíveis para estudos dos quais podem ser obtidas informações importantes sobre o dendroecologia e características anatômicas da madeireira (SCIPIONI, 2019; SCIPIONI *et al.*, 2019).

A *O. porosa* é do grupo das folhosas, família Lauraceae, podendo ser definida como uma árvore perenifólia a semidecídua, que pode atingir até 30 m de altura e 320 cm ou mais de diâmetro na idade adulta, sendo característica do bioma Mata Atlântica, ocorrendo naturalmente nos estados do RS, SC, PR, SP, RJ e MG. A imbuía é, possivelmente, a espécie folhosa mais longeva da Mata Atlântica, podendo ultrapassar os 500 anos de idade (CARVALHO, 2003).

A espécie apresenta madeira de ótima qualidade e alta durabilidade, considerada moderadamente pesada, com densidade básica em torno de 0,65 g/cm³, sendo muito valorizada e visada, especialmente para movelaria e construção civil (LORENZI, 1992). De acordo com Horn (1918), é de fácil secagem, aplainamento, e ainda, possui grande capacidade de manter a forma e tamanho sob condições variáveis de temperatura e umidade.

Essas árvores antigas são consideradas estruturas chave proeminentes em muitas paisagens em todo o mundo e são conhecidas pelo fornecimento de uma variedade de serviços para o ecossistema, como por exemplo, no armazenamento de carbono e no fornecimento de habitat para vida selvagem (HORN, 1918; MAHMOUD; GAIROLA; EL-KEBLAWY, 2015; LINDENMAYER, 2017).

Apesar do efeito da idade sobre as características da madeira ser conhecido, ainda há uma escassez de estudos com relação a influência da mesma na variação das dimensões dos elementos celulares e da densidade em árvores multisseculares. Uma forma de conhecer mais

acerca das características da madeira é através da análise anatômica/morfológica dos elementos celulares, como as fibras, que podem fornecer informações importantes sobre o crescimento das árvores ao longo dos anos, além do que, o conhecimento sobre a estrutura anatômica e da densidade da madeira é relevante para indicações do uso da espécie. Aliado a isto podem ser desenvolvidas análises dendrocronológicas, visando estimar a idade destas árvores, bem como de seu ritmo de crescimento ao longo dos anos, e relacionar aos seus aspectos anatômicos.

Os estudos sobre o crescimento e as características da madeira da imbuia ao longo de sua vida poderão dar subsídios pensando no plantio e manejo florestal da mesma. Além disso, os trabalhos com árvores multisseculares são raros, assim o presente estudo permitirá conhecer um pouco mais sobre uma das espécies mais relevantes do sul do Brasil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar a idade, densidade e a morfologia das fibras da madeira de imbuia (*Ocotea porosa*) proveniente de árvores gigantes e multisseculares.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar a densidade da madeira;
- Determinar a idade com base na dendrocronologia;
- Caracterizar a morfologia das fibras da madeira no sentido radial (medula-casca);
- Avaliar a qualidade da madeira por meio de indicadores anatômicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A ESPÉCIE *Ocotea porosa* (NEES & MART.) BARROSO

A espécie *Ocotea porosa*, conhecida popularmente como imbuia, é considerada árvore símbolo do Estado de Santa Catarina, de acordo com o inciso I, art. 4 da Lei nº 17.308, de 6 de novembro de 2017, (SANTA CATARINA, 2017). Segundo Carvalho (1994), a imbuia é uma espécie arbórea, pertencente à família Lauraceae, originária da região sul e sudeste do Brasil, crescendo naturalmente nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro.

Por muitas décadas no chamado “ciclo madeireiro” a região norte do estado de Santa Catarina dependeu da exploração da imbuia, devido essa intensa exploração pela indústria madeireira, a espécie encontra-se na lista vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza da qual está classificada como vulnerável (LORENZI, 1992; VARTY; GUADAGNIN, 1998; CALDATO; LONGHI; FLOSS, 1999), e na lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, com status em perigo (Portaria nº 443, de 2014, do Ministério do Meio Ambiente).

Segundo Lorenzi (1992), a *O. porosa* é uma árvore semidecídua e heliófita, que pode atingir de 15 a 20 m de altura e 50 a 150 cm de diâmetro a altura do peito. O tronco geralmente é tortuoso, irregular e curto (CARVALHO, 2003; DAROS, 2006; COSMO *et al.*, 2009). “Sua ramificação é cimosa e dicotômica, com copa pouco densa e ampla, de folhas simples, oblongo-lanceoladas com disposição alterna” (DAROS, 2006, p. 1).

Campos Filho e Sartorelli (2015) mencionam que a *O. porosa* é uma espécie de crescimento lento a moderado, que pode apresentar IMA (incremento médio anual) de madeira em torno de 9,65 m³/ha/ano, podendo produzir, em um ciclo de 40 anos, até 386 m³ de madeira por hectare.

Na figura 1 podem ser observados os aspectos da *O. porosa*, como formato da árvore e do tronco, das suas folhas e frutos, conforme as imagens disponíveis no site Flora RS (2021).

Figura 1 – Aspectos da *Ocotea porosa*.



Fonte: Flora RS (2021).

Embora atualmente haja instrumentos legais que impedem a exploração da espécie, devido à alta durabilidade natural e beleza de sua madeira, ainda é considerada como uma das mais valiosas para a confecção de mobiliário de luxo, também para a construção civil como tacos, esquadilhas, lambris, laminados e para a fabricação de folhas faqueadas decorativas, além disso, a espécie apresenta propriedades que a tornam propícia para a produção de lenha, alimentação animal, apicultura, arborização urbana e recuperação ambiental (LORENZI, 1992; AMATO, 2008; SANTOS *et al.*, 2012). Para Simeone e Kalil Filho (2008), as sementes de *O. porosa* podem ser utilizadas pela indústria de cosméticos e sabões, pois constituem uma fonte significativa de lipídios, com alto teor de ácido láurico.

A madeira da *O. porosa* é considerada moderadamente pesada e dura ao corte, sendo a cor do cerne extremamente variável, com grã direita à reversa, cheiro característico, geralmente apresenta veios ou estrias paralelas, e densidade básica de 540 kg/m³ e densidade aparente de 650 kg/m³ (RAZERA NETO, 2005; IPT, s. d.). “Com relação as características anatômicas, a

espécie possui fibras septadas, libriformes, geralmente curtas, com um comprimento médio de 1,1 mm e largura média de 23 μm ” (RAZERA NETO, 2005, p. 28).

Plantios comerciais ou experimentais de imbuia são raros, bem como indivíduos vivos de grande porte que poderiam ser fontes de informação para se estabelecer o potencial de manejo da espécie (SANTOS *et al.*, 2015; SCIPIONI, 2019). Uma forma de saber mais acerca do histórico de crescimento da espécie, determinar o incremento e estimar a idade é por meio da dendrocronologia (MATTOS *et al.*, 2011). De acordo com Cosmo *et al.* (2009) a *O. porosa* apresenta anéis de crescimento anuais anatomicamente bem definidos (Figura 2), sendo possível a condução de estudos dendrocronológicos para a espécie.

Figura 2 – Anéis de crescimento distintos da madeira de *Ocotea porosa*.



Fonte: Guimarães; Tomazello Filho; Rodrigues (2017).

2.2 DENSIDADE BÁSICA E MORFOLOGIA DAS FIBRAS

A madeira consiste em um material biológico heterogêneo composto por um conjunto de células, as quais possuem diferentes funções como transporte de seiva bruta, água e solutos, armazenamento e suporte mecânico (CHERELLI *et al.*, 2016; EITELVEN; LUVISON; SEVERO, 2017). Segundo Pinto (2014), a madeira é um material que apresenta diversas propriedades e devido sua origem biológica, essas apresentam grande variabilidade, sendo necessário o melhor conhecimento dessas propriedades para prever novas perspectivas de uso e mais efetivo emprego.

Dentre as propriedades físicas, a densidade básica é uma das que mais se destaca, sendo uma característica de fácil determinação, baixo custo e correlacionada com as demais

características físicas, mecânicas e anatômicas da madeira, por isso é muito utilizada como índice de qualidade da mesma e indicação de seu uso final, sendo uma variável que expressa a qualidade da madeira (DEMUNER, 2011; SANTOS, 2016; SCANAVACA JÚNIOR; GARCIA, 2017; COELHO, 2021).

“A densidade pode ser definida como a razão entre a massa seca de madeira e seu volume saturado, ou seja, é a quantificação do material por unidade de volume.” (COELHO, 2021, p. 22).

As madeiras mais densas possuem maior quantidade de “substância madeira” por unidade de volume, caracterizadas pelas maiores espessuras de parede e menores diâmetros do lume, ou seja, apresentam menos espaços vazios se comparada com as madeiras menos densas (COELHO, 2021, p. 74).

De acordo com Diogo (2014), a maior proporção de fibras e sua maior espessura de parede celular resulta no aumento da densidade. Contudo, apesar da espessura da parede das fibras estar intimamente relacionada com a densidade, não somente ela exerce influência nessa propriedade, fatores como volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira primavera e outonal, e arranjo dos elementos anatômicos também ocasionam a variação da densidade básica (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO, 1971; CARREIRO, 2016).

As fibras são estruturas responsáveis pela resistência mecânica da madeira, elas são formadas principalmente por celulose, hemicelulose e lignina, seu comprimento é influenciado pelas divisões longitudinais e tangenciais do câmbio vascular, tanto o comprimento como a largura estão relacionados a fatores genéticos, edafoclimáticos e com a idade da árvore (SHIMOYAMA, 1990; MOREIRA, 1999; SOUZA *et al.*, 2019).

Segundo Silva *et al.* (2005) as fibras localizadas mais próximas da medula e a um dado nível do tronco, apresentam menores dimensões do que aquelas localizadas mais próximas da casca. Conforme os mesmos autores essas variações ocorrem tanto na direção axial quanto na radial, ademais, há ainda um aumento na espessura da parede celular em função da variação da idade.

Individualmente, as fibras não são visíveis a olho nu, contudo, por meio da maceração é possível observar as dimensões dos elementos celulares (GONZAGA, 2006). “A maceração consiste em dissolver, por meio de agentes químicos, a lamela média que une as células, podendo-se então observar isoladamente estes elementos” (BURGER; RICHTER, 1991, p. 98). Por meio do processo de maceração é possível mensurar o comprimento e largura da fibra, diâmetro do lúmen, espessura de parede e fração parede da fibra (TAKARADA, 2015).

2.3 ÁRVORES MULTISSEculares E DENDROCRONOLOGIA

Segundo Lutz *et al.* (2018), o número de árvores grandes e de idade avançada geralmente não é expressivo nas florestas do mundo, contudo, são de grande importância ecológica, pois influenciam nas taxas e padrões de regeneração e sucessão, equilibram o microclima e o ciclo da água, contribuem para a biomassa florestal e no ciclo de carbono em escala global. Para Stephenson *et al.* (2014) as árvores grandes e velhas não somente atuam como um reservatório de carbono, mas fixam maiores quantidades de carbono em comparação com árvores menores.

Em função de pressões antrópicas e mudanças ambientais, as populações de grandes árvores multisseculares estão entrando em declínio rapidamente em muitas partes do mundo, resultando em impacto no ecossistema e na biodiversidade, e por sua vez, causando grande preocupação com a conservação global desses indivíduos (LINDENMAYER; LAURANCE; FRANKLIN, 2012; MAHMOUD; GAIROLA; EL-KEBLAWY, 2015).

Segundo Fioravanti (2020), hoje no Brasil pesquisadores de diversas partes do país estão progredindo na identificação das raras árvores monumentais brasileiras, bem como, em estudos que buscam entender as redes de interações dessas, com animais e outras plantas.

Perobas (*Aspidosperma* spp.), cedros (*Cedrela* spp.), canelas (*Ocotea* spp.), ipês (*Tabebuia* spp.), jatobás (*Hymenaea* spp.), jacarandás (*Dalbergia* spp.) e maçarandubas (*Manilkara* spp.) e outras árvores encorpadas são usadas intensamente desde o Brasil Colônia para a construção de pilares, tetos ou assoalhos de casas, móveis e barcos - e ainda hoje são exploradas por fornecerem as madeiras mais duras e de maior valor comercial (FIORAVANTI, 2020, p. 6).

Conforme relatado por Scipioni (2019), há poucos registros de árvores de grande porte no Brasil, sendo esse o reflexo da degradação ambiental das florestas devido a exploração madeireira e falta de recrutamento de novos indivíduos nas florestas. Para o referido autor, atualmente há a necessidade da realização de novas políticas públicas com o objetivo de catalogar árvores de grande porte.

A conservação de árvores de grande diâmetro em florestas tropicais e temperadas é de extrema importância, pois seus troncos constituem documentos históricos de grande valor regional (BURGER; RICHTER, 1991; LINDENMAYER *et al.*, 2012). Uma das formas de conhecer as grandes e raras árvores multisseculares é por meio da análise dos anéis de crescimento desses indivíduos, ou dendrocronologia.

“A dendrocronologia é um método científico importante para análise do crescimento de maneira relativamente rápida e confiável, essas análises são valiosas para definição do uso da floresta” (FIGUEIREDO FILHO, 2017, p. 2). Além disso, segundo Burger e Richter (1991), por meio da comparação dos anéis de crescimento, é possível, além de estimar a idade, saber se determinadas peças de madeira procedem de uma mesma região. O autor ainda ressalta que a espessura e regularidade dos anéis de crescimento podem também ser indicativos de qualidades tecnológicas da madeira.

Por meio das análises dendrocronológicas é possível obter informações acerca do comportamento da espécie frente as variações climáticas, além disso, ela é uma ferramenta de extrema importância para estudos da dinâmica florestal (OLIVEIRA, 2011; CARDOSO, 2014).

Segundo Botosso e Mattos (2002), diferente do que se acreditava, as espécies folhosas tropicais fornecem informações relacionadas ao ambiente por meio de seus anéis de crescimento. Contudo, apesar da importância das informações fornecidas por essas espécies, ainda são raros os estudos sobre a formação dos anéis de crescimento das folhosas de clima tropical.

A dendrocronologia é a ciência que tem como base a contagem do número de anéis de crescimento para a determinação da idade das árvores, permitindo ainda, realizar o estudo da história do clima do passado, uma vez que, as espécies arbóreas são sensíveis as variações ambientais e podem fornecer informações por meio de seus anéis (COELHO, 2011; RAMOS, 2020).

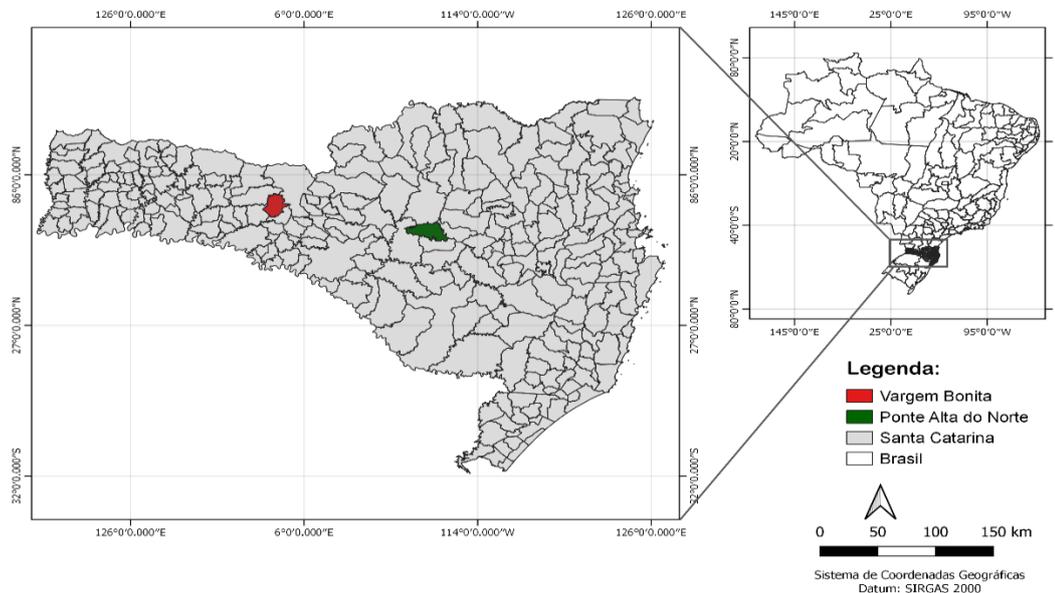
De acordo com Hess, Ricken e Ciarnoschi (2018), a análise de anéis de crescimento (dendrocronologia) permite realizar o estudo do incremento e dinâmica do crescimento de espécies, sendo muito relevante para o manejo florestal e conservação delas.

3 METODOLOGIA

3.1 COLETA E PREPARO DO MATERIAL

Para a realização do presente estudo foram utilizadas amostras de madeira de imbuia (*Ocotea porosa*), de árvores de grandes dimensões com idade avançada, provenientes de quedas ocasionadas por eventos naturais, ou apreensões realizadas pela Polícia Militar Ambiental, originárias de duas diferentes áreas de ocorrência natural no estado de Santa Catarina, localizados nos municípios de Vargem Bonita e de Ponte Alta do Norte (Figura 3).

Figura 3 – Áreas de origem das amostras avaliadas.



Fonte: O autor (2022).

De acordo com a classificação de Köppen, os municípios de Vargem Bonita e Ponte Alta do Norte possuem clima mesotérmico úmido com verão ameno (Cfb), sem estação seca definida, com temperatura média anual no mês mais frio abaixo de 18°C e no mês mais quente abaixo de 22°C, e precipitação média anual de 1.600 mm (PANDOLFO, 2002; FERNANDES, 2016; IRANI, 2020).

Para o estudo foram amostradas três árvores multisseculares (Tabela 1), sendo a árvore 1 proveniente de uma doação da Polícia Militar Ambiental e licença ambiental de aproveitamento de material lenhoso fornecido pelo Instituto do Meio Ambiente, após apreensão realizada em dezembro de 2018, em Vargem Bonita, SC (Figura 4) e as árvores 2 e

3 coletadas em maio de 2016 no município de Ponte Alta do Norte, SC, após quedas ocasionadas por uma microexplosão.

Figura 4 – *O. porosa* apreendida pela Polícia Militar Ambiental de Santa Catarina, utilizada no estudo.



Fonte: BBC (2019).

Dessas árvores, foram extraídos discos na altura do DAP (diâmetro a altura do peito = 1,3 m) com espessura de 15 cm utilizando uma motosserra com sabre de 1 m de comprimento. Da árvore 1 foi retirado um disco na altura 2,3 m devido a base da árvore estar incompleta e apresentar podridão na parte central.

Tabela 1 – Informações das árvores utilizadas no estudo.

Árvore	Local de origem	Raio (cm)	Data de coleta
<i>Ocotea porosa</i> 1	Vargem Bonita - SC	95,0	Dezembro de 2018
<i>Ocotea porosa</i> 2	Ponte Alta do Norte - SC	82,0	Mai de 2016
<i>Ocotea porosa</i> 3	Ponte Alta do Norte - SC	88,4	Mai de 2016

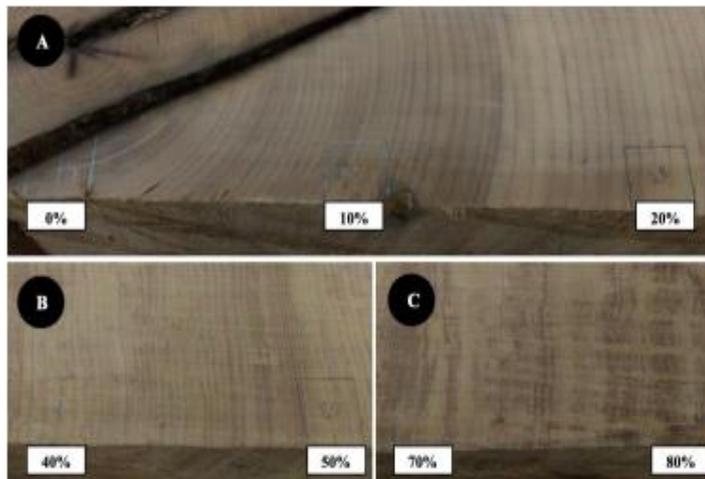
Fonte: O autor (2022).

Os discos foram lixados com o auxílio de uma lixadeira de cinta industrial para possibilitar a análise e contagem dos anéis de crescimento. Para análise morfológica das fibras, a partir destes discos foram retiradas baguetas no sentido radial (medula-casca), onde foi considerado o maior raio (medula-casca) para a análise, já que em algumas amostras existia crescimento excêntrico, em que a medula não era bem centralizada, havendo deslocamento. As baguetas foram marcadas a cada 10% do sentido radial (0%=próximo a medula, 100%=próximo a casca), e destas porções avaliadas a morfologia das fibras (Figura

5). Em seguida, realizou-se a contagem dos anéis em cada uma das porções, então, relacionou-se com a idade e ano de ocorrência, com intuito de obter informações importantes sobre o histórico de crescimento das árvores ao longo de suas vidas.

Além disso, foram extraídas amostras dos discos para a determinação da densidade básica e verde. Todas as avaliações foram conduzidas nos Laboratórios de Recursos Florestais I e II, da Universidade Federal de Santa Catarina, localizado em Curitibanos, SC.

Figura 5 – Exemplo das posições amostradas: A – entre 0 e 20%; B – entre 40 e 50%; C – entre 70 e 80%.



Fonte: O autor (2022).

3.2 DENSIDADE BÁSICA E VERDE

Para a determinação da densidade básica e verde foram extraídos cinco corpos de prova (Figura 6A) do disco de cada árvore multissecular. Em seguida, esses foram identificados e submetidos à imersão em água por aproximadamente 30 dias, até completa saturação das fibras. O volume verde (saturado) foi determinado pelo método de imersão em balança analítica com precisão de 0,01 g, devido os corpos de prova apresentarem dimensões irregulares (Figura 6B).

Figura 6 – Determinação da densidade. A – Corpos de prova; B – Determinação do volume verde através do método de imersão.



Fonte: O autor (2022).

Após a obtenção do volume verde, realizou-se pesagem em balança analítica para a obtenção da massa úmida. Na sequência, para a determinação da massa seca, os corpos de prova foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até atingirem massa constante. A partir dos valores de massa úmida, massa seca e volume verde, calcularam-se a densidade verde e básica, por meio das equações 1 e 2, respectivamente.

$$D_v = \frac{M_u}{V_v} \quad (1)$$

$$D_b = \frac{M_s}{V_v} \quad (2)$$

Em que: D_v = densidade verde, g/cm^3 ; D_b = densidade básica, g/cm^3 ; M_u = massa úmida, g; M_s = massa seca, g; V_v = volume verde, cm^3 .

3.3 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FIBRAS NO SENTIDO RADIAL

Para determinação das dimensões das fibras foram confeccionadas baguetas radiais dos discos coletados (Figura 7B), e destes retirados blocos, de seção quadrada (2x2 cm), extraídos a cada 10% do sentido radial (0%=próximo a medula, 100%=próximo a casca). A partir destes foram retirados fragmentos (palitos) (Figura 7C), visando a maceração, conforme metodologia descrita por Vivian *et al.* (2021).

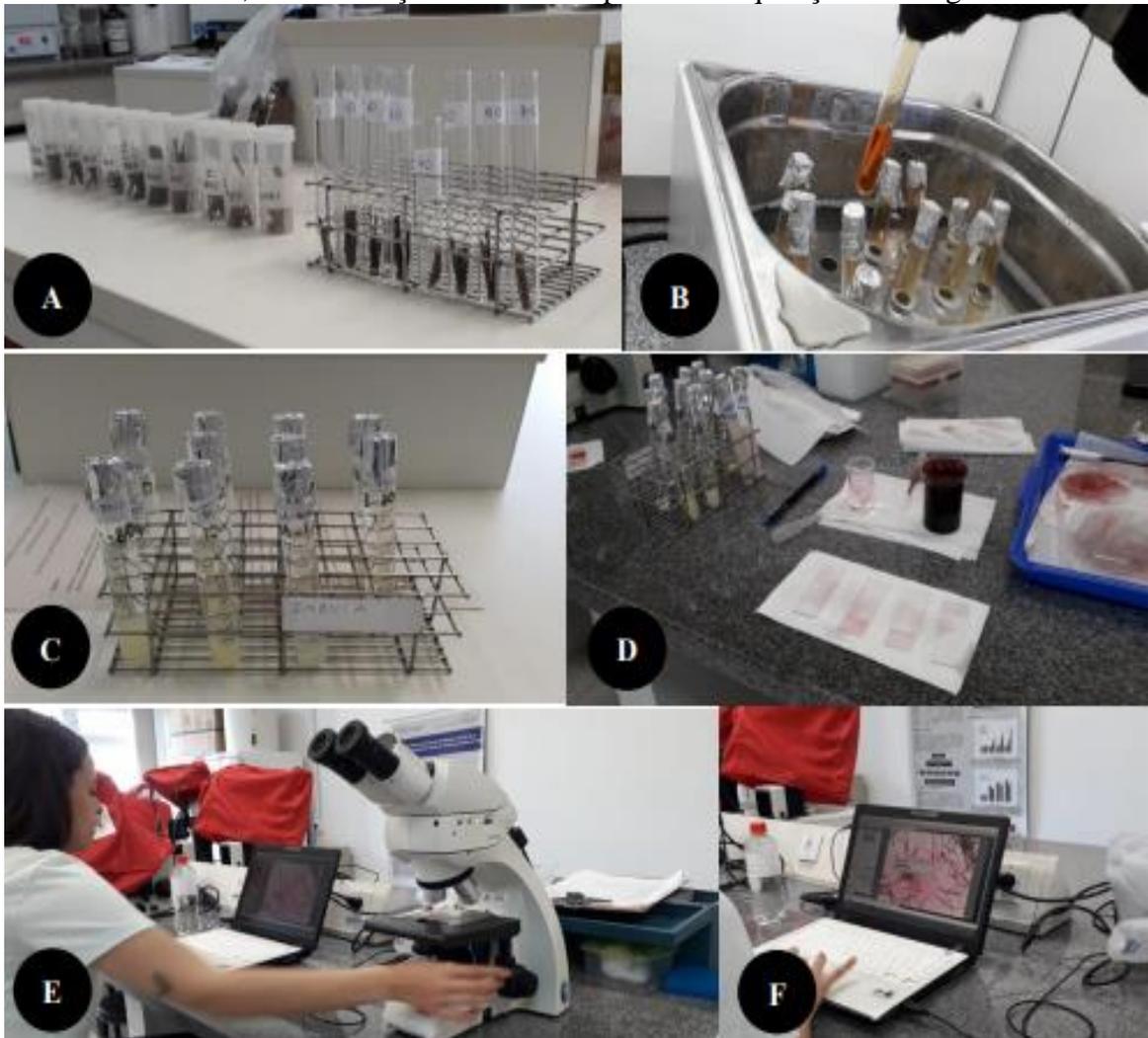
Figura 7 – Disco de *O. porosa* e bagueta radial. A – Disco de *O. porosa* utilizado; B – Bagueta radial retirada do disco com exemplo das marcações a cada 10% do raio; C – Fragmentos para maceração.



Fonte: O autor (2022).

Os fragmentos foram depositados em tubos de ensaio devidamente identificados (Figura 8A), contendo reagentes químicos para a maceração e separação/individualização das fibras, dos demais componentes celulares. Para a maceração, foram colocados 3 fragmentos (palitos) de madeira em um tubo de ensaio juntamente com uma solução de ácido acético + ácido nítrico + água destilada, na proporção 5:2:1, respectivamente. Posteriormente, os tubos de ensaio, já com a solução e os fragmentos, foram colocados em banho-maria, a 100°C, por um período de aproximadamente 1 h, até a individualização dos elementos (Figura 8B). Após a individualização das fibras, as mesmas foram lavadas com água destilada e mantidas nos tubos de ensaio com água destilada até a preparação das lâminas (Figura 8C).

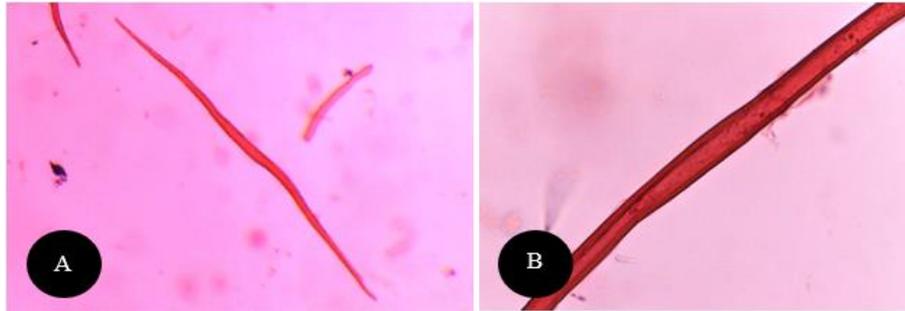
Figura 8 – Etapas do processo de maceração. A – Fragmentos de madeira nos tubos de ensaio; B – Processo de maceração em banho-maria; C – Fibras maceradas; D – Montagem de lâminas; E – Utilização do microscópio e F – Aquisição de imagens.



Fonte: O autor (2022).

Posteriormente, o material macerado foi colocado em uma lâmina, com a adição de uma gota de safranina, uma de glicerina e uma de água, seguido da colocação de uma lamínula para evitar bolhas (Figura 8D). Após a preparação das lâminas, foram obtidas imagens dos elementos, com o auxílio do microscópio marca Leica, modelo DM500 (Figura 7E e 7F), no aumento de 40x para o comprimento (Figura 9A) e 400x para a largura e diâmetro do lúmen (Figura 9B). As imagens foram obtidas pelo microscópio através do software LAS EZ. Para a mensuração das dimensões das fibras foi utilizado software específico.

Figura 9 – Imagens das fibras em diferentes aumentos. A – Aumento de 40x e B – Aumento de 400x.



Fonte: O autor (2022).

As medidas realizadas foram: comprimento, largura e diâmetro de lúmen, baseando-se nas normas da IAWA (IAWA Committee, 1989), através da mensuração de 35 fibras (repetições) para cada porção do lenho do sentido medula-casca. Após a obtenção destas medidas realizaram-se os cálculos de espessura de parede celular, fração parede, coeficiente de flexibilidade, índice de enfieltramento e índice de Runkel, por meio das equações 3, 4, 5, 6, e 7, respectivamente.

$$E = \left(\frac{L - DL}{2} \right) \quad (3)$$

$$FP = \left(\frac{2 \cdot E}{L} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

$$CF = \left(\frac{DL}{L} \right) \cdot 100 \quad (5)$$

$$IE = \left(\frac{C}{\frac{L}{1000}} \right) \quad (6)$$

$$IR = \left(\frac{2 \cdot E}{DL} \right) \quad (7)$$

Em que: E = espessura de parede celular, μm ; L = largura da fibra, μm ; DL = diâmetro do lúmen, μm ; C = comprimento da fibra, mm; FP = fração parede, %; CF = coeficiente de flexibilidade, %; IE = índice de enfieltramento; IR = índice de Runkel.

3.4 DENDROCRONOLOGIA

Para estimar a idade das árvores, as baguetas retiradas dos discos de cada árvore foram lixadas com papel abrasivo com diferentes granulometrias. Por meio de informações repassadas por pesquisadores colaboradores e marcações de datações dos anéis na amostra radial, concluiu-se que a árvore 1 foi derrubada em 2017 (informação verbal), enquanto as árvores 2 e 3 caíram em 2016 após uma microexplosão.

A partir do conhecimento prévio do ano de corte/queda das árvores foi possível realizar a estimativa das idades. Para tal, as amostras foram escaneadas em imagens de alta resolução (2400 DPis, Scanner Epson 12000XL). Na figura 10 tem-se um exemplo de imagem obtida, onde os anéis de crescimento foram medidos usando os programas Cybis Coorecorder e CDendro, versão 7.8.1 com precisão de 0,01 mm (Larsson, 2014a, 2014b).

Figura 10 – Exemplo de imagem digital da bagueta obtida pela Scanner Epson 12000XL.



Fonte: O autor (2022).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados do presente estudo foram armazenados em planilhas eletrônicas e analisados com auxílio do software R Studio. Os dados de morfologia das fibras de cada árvore individualmente foram analisados por meio da estatística descritiva. A densidade básica e a densidade verde, bem como a variação radial (medula-casca) das dimensões das fibras foram avaliadas a partir de um delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo cada árvore uma repetição e as posições radiais os diferentes tratamentos. Efetuou-se a análise de variância (ANOVA), e quando significativo empregou-se o teste de médias de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade de erro, utilizando o software estatístico R Studio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DENSIDADE BÁSICA E VERDE

Os valores referentes à densidade básica e verde da madeira de imbuia (*O. porosa*) podem ser observados na tabela 2.

Tabela 2 – Densidade básica e verde da madeira de *O. porosa*.

Árvore	Densidade básica (g/cm ³)	Densidade verde (g/cm ³)
<i>Ocotea porosa</i> 1	0,54 a	1,05 b
<i>Ocotea porosa</i> 2	0,52 a	1,05 b
<i>Ocotea porosa</i> 3	0,50 a	1,13 a
Média	0,52	1,08
CV (%)	3,91	4,06

Fonte: O autor (2022).

Em que: CV – coeficiente de variação. *Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na tabela 2, observa-se que os valores encontrados para densidade básica (0,52 g/cm³) estão de acordo com os limites observados por outros autores para a espécie *O. porosa* mais jovens, variando de 0,50 g/cm³ (MARCHESAN *et al.*, 2015) a 0,54 g/cm³ (IPT, 2022). De acordo com a classificação de Durlo (1991), a densidade básica da madeira de *O. porosa* pode ser considerada como média, pois encontra-se no intervalo entre 0,51 e 0,70 g/cm³.

A densidade básica da madeira é uma característica muito importante para predizer possíveis usos da madeira, ou ainda, prever o comportamento do material frente aos processos de industrialização. Para Melo (2002), a madeira de densidade média pode ser empregada na construção civil, especificamente em esquadrias e paredes internas e externas.

Muitos autores afirmam que a densidade básica se correlaciona diretamente com as propriedades físicas e mecânicas da madeira e com sua composição celular, como dimensões das fibras (espessura da parede), volume dos vasos e parênquimas, proporção entre madeira primaveril e outonal, e arranjo de seus elementos anatômicos (FOELKEL; BRASIL; BARRICHELO, 1971; BATISTA *et al.*, 2010).

Para a densidade básica não foram constatadas diferenças estatisticamente significativas entre as médias para as árvores de diferentes idades estudadas, podendo indicar que as árvores mais jovens poderão apresentar características e propriedades semelhantes às

árvores mais velhas, sendo obtida madeira de qualidade também com a utilização de árvores mais jovens da espécie.

Isso pode ter ocorrido devido a espécie apresentar crescimento lento, pois de acordo com Mattos *et al.* (2010), as espécies que apresentam crescimento lento, tendem a apresentar maior porcentagem de lenho tardio. E à medida em que o lenho tardio é formado verifica-se o aumento da espessura da parede celular que tendem a atingir sua estabilização com o avanço da idade (TOMAZELLO FILHO, 1895; SETTE JUNIOR, *et al.*, 2012). Contudo, segundo Latorraca e Albuquerque (2000), a densidade básica pode variar em função das características da espécie e de influências externas, como condições edafoclimáticas e intervenções silviculturais.

No que se refere à densidade verde, na tabela 2, observa-se que o valor médio obtido no presente estudo para a madeira de *O. porosa* 3 (1,13 g/cm³) foi significativamente superior as árvores 1 e 2 (1,05 g/cm³). Tal variável é importante no processo de comercialização da madeira, pois indica a densidade da madeira recém-cortada, a qual está no seu máximo volume e teor de umidade.

4.2 DENDROCRONOLOGIA E CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS FIBRAS

4.2.1 *Ocotea porosa* 1 – Vargem Bonita

Na tabela 3 podem ser observados os parâmetros temporais e números de anéis de crescimento obtidos nas diferentes posições radiais avaliadas para a *O. porosa* 1, de Vargem Bonita, SC. Com base na análise dendrocronológica (Figura 11) foi possível estimar que a árvore apresentava 533 anos de idade.

A partir do conhecimento do ano de queda da árvore, 2017, foi possível estimar, de forma retrógrada, o ano de nascimento da mesma em 1484. Pode-se observar o número de anéis de crescimento em cada porção avaliada no sentido medula à casca, idade média e período. Com base na contagem dos anéis de crescimento, nota-se que a árvore apresentou um menor número de anéis de crescimento entre as posições 20 a 40% (entre os anos de 1555 e 1613), refletindo em um período de crescimento mais acelerado, quando a planta tinha entre 71 e 129 anos de idade (Tabela 3).

Tabela 3 – Parâmetros obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da *O. porosa* 1.

Posição (%)	Porção do raio (cm)	Nº de anéis (anos)	IMA (cm/ano)	Intervalo de idade (anos)	Idade média (anos)	Período (anos)	Período médio (anos)
0	0,0	6	0,33	0-6	3	1484-1490	1487
10	9,5	11	0,18	44-55	50	1528-1539	1534
20	19,0	5	0,40	71-76	74	1555-1560	1558
30	28,5	4	0,50	93-97	95	1577-1581	1579
40	38,0	5	0,40	124-129	127	1608-1613	1611
50	47,5	11	0,18	160-171	166	1644-1655	1650
60	57,0	13	0,15	196-209	203	1683-1696	1690
70	66,5	15	0,13	266-281	274	1750-1765	1758
80	76,0	16	0,13	346-362	354	1830-1846	1838
90	85,5	10	0,20	443-453	448	1927-1937	1932
100	95,0	16	0,13	517-533	525	2001-2017	2009
Total						533	1484-2017

Fonte: O autor (2022).

Em que: IMA – Incremento médio anual, cm/ano, considerando o número de anos nas porções de 2,0 cm.

Figura 11 – Mensuração da amostra da *O. porosa* 1 de Vargem Bonita, SC.



Fonte: O autor (2022).

A partir da posição de 50% (>160 anos), o número de anéis de crescimento por posição foi maior, indicando que a árvore cresceu de forma mais lenta. A posição de 10% do raio também apresentou um número alto de anéis (11), indicando crescimento lento, que pode ter ocorrido em virtude de competição por espaço dentro da floresta ou por fatores climáticos.

De acordo com Lorenzi (1992) a *O. porosa* é característica das matas de pinhais (associada à Araucária) do planalto meridional e de submatas mais desenvolvidas. De acordo com o mesmo autor, a mesma pode apresentar comportamento de pioneira, infiltrando-se em matas mais abertas e capoeirões. Enquanto Schweingruber, Börner e Schulze (2006), mencionam que o incremento do lenho diminui com o aumento da idade da árvore, o que explica a variação de largura das camadas de crescimento da medula em direção a casca, ou seja, quanto mais velha for a árvore, menores são as larguras das camadas de crescimento próximo à casca.

Na tabela 4 podem ser observadas as dimensões médias das fibras da madeira da *O. porosa* 1, bem como os seus indicadores anatômicos.

Tabela 4 – Parâmetros anatômicos obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da *O. porosa* 1.

P (%)	C (mm)	L (µm)	DL (µm)	EP (µm)	FP (%)	CF (%)	IR	IE
0	0,86	22,22	13,63	4,30	39,00	61,00	0,66	38,67
10	0,93	24,50	15,22	4,64	38,19	61,81	0,62	37,85
20	0,95	23,58	14,11	4,74	40,46	59,54	0,70	40,33
30	0,97	24,62	14,56	5,03	41,38	58,62	0,74	39,38
40	0,94	25,26	14,07	5,59	44,55	55,45	0,84	37,41
50	0,95	25,23	14,86	5,18	41,46	58,54	0,73	37,70
60	0,90	25,06	16,34	4,36	35,73	64,27	0,60	36,04
70	0,92	23,19	15,00	4,10	35,65	64,35	0,57	39,59
80	0,97	24,35	16,35	4,00	33,36	66,64	0,51	39,74
90	0,96	23,36	15,17	4,10	35,99	64,01	0,58	40,98
100	0,90	21,88	13,63	4,13	38,24	61,76	0,64	41,09
Média	0,93	23,93	14,81	4,56	38,55	61,45	0,65	38,98
s	0,03	1,18	0,95	0,52	3,26	3,26	0,09	1,60
CV (%)	3,67	4,91	6,38	11,51	8,46	5,31	14,04	4,09

Fonte: O autor (2022).

Em que: P – posição; C – comprimento da fibra; L – largura da fibra; DL – diâmetro do lúmen; EP – espessura da parede celular; FP – fração parede; CF – coeficiente de flexibilidade; IR – índice de Runkel; IE – índice de enfieltramento; s – desvio padrão; CV – coeficiente de variação.

Por meio da observação dos dados da *O. porosa* 1 (Tabela 4), nota-se que o comprimento foi menor próximo à medula (posição 0% = 0,86 mm), com aumento no sentido radial, porém com um decréscimo na porção 100% (0,90 mm). As posições que apresentaram os maiores valores de comprimento foram a 30% (0,97 mm) e 80% (0,97 mm), quando a árvore apresentava, aproximadamente, 95 e 354 anos, respectivamente.

A largura das fibras variou de 21,88 µm (100%) a 25,26 µm (40%), no sentido radial, oscilando entre as posições amostradas. O diâmetro do lúmen apresentou uma amplitude de 13,63 a 16,35 µm. A espessura da parede celular variou de 4,00 µm (80%) a 5,59 µm (40%), sendo as maiores espessuras registradas nas posições 40 e 50%, quando a árvore possuía entre 124 e 171 anos de idade, sugerindo a existência de uma maior proporção de fibras do lenho tardio nas respectivas amostras, que de acordo com Larson *et al.* (2001), é caracterizado pela presença de fibras/traqueídeos de paredes espessas com lúmens pequenos, sendo essa característica regulada por diferentes processos fisiológicos, influenciados por fatores ambientais, como a umidade do solo. Segundo Abrahão *et al.* (2020), a variação observada para espessura e largura das fibras podem influenciar nas propriedades físicas da madeira.

A fração parede da *O. porosa* 1, variou de 33,36% na posição 80% a 44,55% na posição 40% do raio, enquanto o coeficiente de flexibilidade variou entre 55,45% (40%) e

66,64% (80%). Tais indicadores estão relacionados a espessura da parede celular, que é maior na posição 40% (5,59 μm) quando a árvore apresentava de 124 a 129 anos de idade e menor na posição 80% (4,00 μm) quando a mesma apresentava idade entre 346 e 362 anos. Sendo que, geralmente, quanto mais elevada à fração parede, maior será a densidade da madeira, em função de sua espessura.

O índice de Runkel variou de 0,51 na posição 80% a 0,84 na posição 40%, apresentando comportamento similar à fração parede e inverso ao coeficiente de flexibilidade. Nota-se que entre os parâmetros estudados, o índice de Runkel foi o que apresentou maior coeficiente de variância (14,04%), refletindo maior heterogeneidade nos dados. O índice de enfeltramento para a *O. porosa* 1 de Vargem Bonita mostrou uma variação de 36,04 na posição 60% a 41,09 na posição 100%.

4.2.2 *Ocotea porosa* 2 – Ponte Alta do Norte

Para a *O. porosa* 2 (Tabela 5), de Ponte Alta do Norte, SC, a partir do conhecimento do ano de queda da árvore, 2016, chegou-se no ano de nascimento de 1765, e foi possível estimar a idade em 251 anos, por meio da contagem dos anéis do lenho (Figura 12). Na tabela 5 pode-se observar o número de anéis de crescimento em cada porção avaliada no sentido medula à casca, a idade média e período.

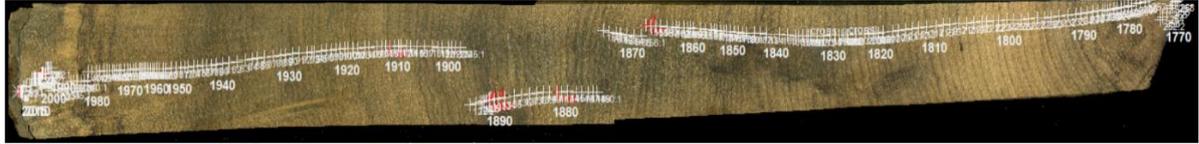
Tabela 5 – Parâmetros obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da *O. porosa* 2.

Posição (%)	Porção do raio (cm)	Nº de anéis (anos)	IMA (cm/ano)	Intervalo de idade (anos)	Idade média (anos)	Período (anos)	Período médio (anos)
0	0,0	4	0,50	0 – 4	2	1765 – 1769	1767
10	8,2	4	0,50	23 – 27	25	1788 – 1792	1790
20	16,4	4	0,50	39 – 43	41	1804 – 1808	1806
30	24,6	8	0,25	57 – 65	61	1822 – 1830	1826
40	32,8	8	0,25	81 – 89	85	1846 – 1854	1850
50	41,0	5	0,40	106 – 111	109	1871 – 1876	1874
60	49,2	8	0,25	123 - 131	127	1888 – 1896	1892
70	57,4	6	0,33	148 – 154	151	1913 – 1919	1916
80	65,6	4	0,50	167 – 171	169	1932 – 1936	1934
90	73,8	11	0,18	197 – 208	203	1962 – 1973	1968
100	82,0	13	0,15	238 – 251	245	2003 – 2016	2010
Total					251	1765 – 2016	

Fonte: O autor (2022).

Em que: IMA – Incremento médio anual, cm/ano, considerando o número de anos nas porções de 2,0 cm.

Figura 12 – Mensuração da amostra da *O. porosa 2* de Ponte Alta do Norte, SC.



Fonte: O autor (2022).

Na tabela 5 foi possível observar que a *O. porosa 2* apresentou um menor número de anéis de crescimento entre as primeiras porções de 0 a 20% (1765 a 1808) e na porção 80% (1932 a 1936), indicando um crescimento mais acelerado quando a árvore tinha entre 0 e 43 anos e 167 e 171 anos de idade.

Nas porções 90 e 100% (1962 a 2016), quando a planta apresentava idade mais avançada (197 a 251 anos de idade), houve um crescimento mais lento, uma vez que o número de anéis de crescimento foi maior quando comparado com as demais porções. O que pode indicar que a árvore chegou à idade de senescência, que segundo Encinas, Silva e Pinto (2005), ocorre quando a árvore mostra sinais de redução do crescimento, devido a diminuição das atividades fisiológicas. Contudo, além dos fatores fisiológicos os mesmos autores destacam que o crescimento pode variar em função da competição entre as árvores na floresta, ou devido a eventos climáticos, como variação na temperatura, umidade do ar, duração e intensidade de luz, e fatores como a fertilidade do solo.

De modo geral, percebe-se que o ritmo de crescimento das árvores 1 e 2 (Tabela 3 e 5) se manteve constante sem grandes variações no sentido radial, apresentando um incremento médio anual (IMA) por porção do raio variando de 0,13 a 0,50 cm/ano e de 0,15 a 0,50 cm/ano para as árvores 1 e 2, respectivamente. A baixa variação dos dados na direção radial medula-casca para o IMA (cm/ano) das árvores estudadas pode ter ocorrido devido as árvores serem oriundas de um ambiente natural (floresta nativa), do qual não houve interferências silviculturais que poderiam ter influenciado no ritmo de crescimento das árvores. Segundo Ferreira e Silva (2008), tratamentos silviculturais como por exemplo, plantio em diferentes espaçamentos, adubação e desbastes, influenciam no ritmo de crescimento das árvores ao longo dos anos.

Na tabela 6 estão dispostos os dados referentes as dimensões médias das fibras, bem como os indicadores anatômicos da madeira da *O. porosa 2*.

Tabela 6 – Parâmetros anatômicos obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da *O. porosa 2*.

P (%)	C (mm)	L (μ m)	DL (μ m)	EP (μ m)	FP (%)	CF (%)	IR	IE
0	0,81	23,30	15,32	3,99	34,63	65,37	0,54	34,93
10	0,81	21,50	12,20	4,65	43,75	56,25	0,81	37,73
20	0,98	24,06	14,91	4,58	38,46	61,54	0,66	40,93
30	0,93	22,41	13,65	4,38	39,84	60,16	0,70	41,70
40	0,82	23,87	14,61	4,63	39,08	60,92	0,67	34,38
50	0,92	22,68	14,25	4,21	37,66	62,34	0,63	40,53
60	0,96	22,27	13,37	4,45	41,40	58,60	0,76	43,00
70	0,89	23,47	13,64	4,92	42,63	57,37	0,78	37,94
80	0,96	22,73	12,96	4,88	43,64	56,36	0,83	42,16
90	0,92	23,43	13,39	5,02	44,35	55,65	0,84	39,07
100	0,95	23,58	13,81	4,88	41,84	58,16	0,74	40,47
Média	0,90	23,03	13,83	4,60	40,66	59,34	0,72	39,35
s	0,06	0,78	0,90	0,32	3,02	3,02	0,09	2,84
CV (%)	7,02	3,37	6,49	6,99	7,43	5,09	12,89	7,22

Fonte: O autor (2022).

Em que: P – posição; C – comprimento da fibra; L – largura da fibra; DL – diâmetro do lúmen; EP – espessura da parede celular; FP – fração parede; CF – coeficiente de flexibilidade; IR – índice de Runkel; IE – índice de enfiamento; s – desvio padrão; CV – coeficiente de variação.

O comprimento das fibras da *O. porosa 2* oscilou entre 0,81 mm (0 e 10%) e 0,98 mm (20%), no sentido radial. As posições que apresentaram os menores valores de comprimento foram a 0 e 10% (0,81 mm), próximo a medula, quando a árvore apresentava idade entre 0 e 27 anos, e maior na porção de 20% (0,98 mm). Houve oscilações no comprimento das fibras entre as demais posições, podendo indicar variações das taxas hormonais ao longo da vida da árvore o que afeta o número de divisões longitudinais-tangenciais do câmbio (SOUSA, 2004).

As fibras mais curtas são formadas nos períodos de maiores taxas de crescimento, que ocorre durante a primavera e verão, devido a maior taxa hormonal que resulta em rápidas divisões das células cambiais, impossibilitando o incremento em comprimento (SHIMOYAMA, 1990; SOUSA, 2004). Segundo Moreira (1999), as taxas de hormônios na árvore podem variar em função das condições edafoclimáticas, da variação genética e da idade da árvore.

Observa-se que os dados obtidos para a *O. porosa 2* (Ponte Alta do Norte) apresentou maior heterogeneidade nos valores de comprimento, uma vez que coeficiente de variação (6,99%) foi superior quando comparada com a *O. porosa 1* (3,67%) (Vargem Bonita).

A largura apresentou uma amplitude de 21,50 a 24,06 μm . O diâmetro de lúmen variou entre 12,20 μm (10%) e 15,32 μm (0%). A espessura da parede celular variou de 3,99 μm (0%) a 5,02 μm (90%), com aumento gradual no sentido radial, porém, com um decréscimo na posição 100%, sendo os maiores valores registrados a partir da porção 70%, quando a árvore apresentava de 148 a 251 anos de idade. O maior valor de diâmetro do lúmen foi na posição 0% (15,32 μm), sendo nessa posição registrada o menor valor para a espessura da parede celular (3,99 μm), corroborando com Silva *et al.* (2007), que afirmam que o diâmetro do lúmen possui relação direta com a espessura da parede das fibras, pois quanto maior for o valor de diâmetro do lúmen, mais espaços vazios há na madeira, indicando menor densidade básica.

Quanto à fração parede, nota-se que a mesma variou de 34,63% na posição 0% a 44,35% na posição 90% do raio. Já o coeficiente de flexibilidade, que é a relação entre o diâmetro do lúmen e a largura da fibra, para a *O. porosa* 2, os valores variaram entre 55,65% (90%) e 65,37% (0%). O índice de Runkel é a razão entre o dobro da espessura da parede celular e o diâmetro do lúmen, para esse parâmetro, os valores variaram de 0,54 (próximo a medula 0%) a 0,84 (próximo a casca 90%), e assim como para a *O. porosa* 1, o índice de Runkel foi o parâmetro que apresentou o maior coeficiente de variação (12,89%).

O índice de enfiletramento, que é a relação entre o comprimento e a largura da fibra, apresentou para a *O. porosa* 2 uma amplitude entre 34,38 (40%) e 43,00 (60%). Para esse índice, sempre buscam-se valores elevados, que implicarão em fibras com maior união durante a fabricação de papel.

4.2.3 *Ocotea porosa* 3 – Ponte Alta do Norte

Para a *O. porosa* 3, também de Ponte Alta do Norte, não foi possível concluir a análise dendrocronológica para estimar a idade da árvore, devido ao elevado grau de ataque de organismos xilófagos a madeira (avançado estado de biodeteriorização), impedindo a visualização e contagem dos anéis, como pode-se observar na figura 13.

Figura 13 – Amostra deteriorada da *O. porosa* 3 de Ponte Alta do Norte, SC.



Fonte: O autor (2022).

Apesar da deterioração da madeira da *Ocotea porosa* 3 de Ponte Alta do Norte, SC, foi possível avaliar a morfologia das fibras, sendo na tabela 7, apresentadas as dimensões médias das fibras da madeira, bem como os seus indicadores anatômicos.

Tabela 7 – Parâmetros anatômicos obtidos ao longo das posições amostradas, a cada 10% do sentido radial da *O. porosa* 3.

P (%)	C (mm)	L (μm)	DL (μm)	EP (μm)	FP (%)	CF (%)	IR	IE
0	0,90	26,75	18,30	4,23	32,16	67,84	0,50	33,59
10	1,00	24,66	16,65	4,01	32,65	67,35	0,51	40,44
20	0,99	26,95	17,46	4,74	35,81	64,19	0,58	36,80
30	1,04	24,83	15,42	4,71	38,78	61,22	0,66	41,93
40	1,05	23,82	14,82	4,50	38,30	61,70	0,65	44,07
50	1,02	25,55	15,17	5,19	41,25	58,75	0,76	39,75
60	0,96	23,93	14,66	4,63	39,65	60,35	0,69	40,25
70	1,14	24,17	15,01	4,58	38,56	61,44	0,65	47,27
80	1,01	24,13	14,83	4,65	39,08	60,92	0,66	42,03
90	1,07	25,09	15,22	4,94	39,70	60,30	0,67	42,75
100	1,09	25,03	15,01	5,01	40,67	59,33	0,74	43,35
Média	1,02	24,99	15,69	4,65	37,87	62,13	0,64	41,11
s	0,07	1,06	1,22	0,34	3,05	3,05	0,08	3,66
CV (%)	6,35	4,25	7,78	7,23	8,04	4,90	12,91	8,91

Fonte: O autor (2022).

Em que: P – posição; C – comprimento de fibra; L – largura da fibra; DL – diâmetro do lúmen; EP – espessura da parede celular; FP – fração parede; CF – coeficiente de flexibilidade; IR – índice de Runkel; IE – índice de enfiamento; s – desvio padrão; CV – coeficiente de variação.

A partir da observação dos dados da *O. porosa* 3 (Tabela 7), nota-se que assim como as demais árvores do presente estudo, o comprimento foi inferior na posição 0% (0,90 mm), próximo a medula, com aumento no sentido radial, variando de 0,90 mm (0%) a 1,14 mm (70%). As posições que apresentaram os maiores valores de comprimento foram a 70% (1,14 mm) e 100% (1,09 mm).

A largura média das fibras não mostrou grandes variações entre as posições, apresentando o menor coeficiente de variação (4,26%) entre os parâmetros, contudo, nota-se que seus valores oscilaram de 23,82 μm (posição 40%) a 26,95 μm (posição 20%). Para a

largura, Dias e Simonelli (2013) afirmam que quanto mais largas as fibras, menor será a resistência ao ar e maior será o volume específico aparente do papel. O diâmetro do lúmen variou entre 14,66 μm (60%) e 18,30 μm (0%), sendo os menores diâmetros próximos à casca. A espessura da parede celular variou entre 4,01 μm (10%) e 5,19 μm (50%).

Quanto à fração parede, percebe-se uma proporção inversa com o coeficiente de flexibilidade, pois, quando a fração parede aumenta, o coeficiente de flexibilidade diminui. Observa-se que a fração parede variou de 32,16% na posição 0% a 41,25% na posição 50% do raio, enquanto o coeficiente de flexibilidade variou entre 58,75% (50%) e 67,84% (0%). O índice de Runkel variou de 0,50 (0%) a 0,76 (50%). O índice de enfiamento apresentou uma amplitude de 33,59 (0%) e 47,27 (70%).

Por meio da tabela 7, observa-se que quando comparada a *O. porosa* 1, a *O. porosa* 3, proveniente de Ponte Alta do Norte, apresentou valores superiores em 9,7%, 4,4%, 5,9%, 2%, 1,1% e 5,5%, para o comprimento, largura da fibra, diâmetro do lúmen, espessura da parede celular, coeficiente de flexibilidade e índice de enfiamento, respectivamente. Já com relação a *O. porosa* 2, a *O. porosa* 3 apresentou valores superiores em 13,3%, 8,5%, 13,4%, 1,1% e 4,7% e 4,4% para o comprimento, largura da fibra, diâmetro do lúmen, espessura da parede celular, coeficiente de flexibilidade e índice de enfiamento, respectivamente. Esse resultado pode ter ocorrido devido a maior proporção de lenho adulto nas amostras, ou ainda, a idade da árvore, variações genéticas ou condições ambientais.

4.2.4 Valores morfológicos e anatômicos médios das fibras para *Ocotea porosa*

A determinação das dimensões das fibras é importante na avaliação da qualidade da madeira da espécie, visto que podem prever possíveis usos da mesma. A figura 14 (A à D) apresenta os valores médios das dimensões das fibras da madeira de *O. porosa* (médias entre as imbuías 1, 2 e 3), referente às 11 posições radiais analisadas.

Diferente do esperado, às médias entre as posições radiais para os parâmetros de dimensões (comprimento de fibra, largura da fibra, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular) levando em consideração às três árvores, não diferiram estatisticamente entre si quando submetidos a análise de variância ao nível de 5% de probabilidade. A baixa variação dos dados pode indicar a uniformidade dos materiais estudados, que pode ter ocorrido devido à idade das árvores utilizadas, e a alta proporção de lenho adulto. O lenho adulto é

caracterizado por traqueídeos/fibras estabilizados em crescimento, pois ao longo do tempo as células cambiais tendem a produzir elementos com maiores dimensões até atingir a sua estabilização, em idades mais avançadas (TOMAZELLO FILHO, 1895; LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000). A uniformidade das características anatômicas é importante para a utilização tecnológica da madeira, pois segundo Tomazello Filho (1987), as variações dessas propriedades refletem nas propriedades físico-mecânicas, nos processos de secagem e impregnação da madeira.

Em um estudo prévio realizado por Vivian *et al.* (2021) para a *O. porosa* 1 de Vargem Bonita, SC, foram constatadas variações significativas na direção radial medula-casca para as dimensões das fibras, com exceção do diâmetro do lúmen. Contudo, quando considerada demais árvores multisseculares, no presente estudo percebe-se que de modo geral, os materiais apresentaram uniformidade no sentido radial, refletindo uma homogeneidade dessas propriedades ao longo de suas vidas, sendo interessante no ponto de vista tecnológico, pois até as árvores mais jovens poderão apresentar qualidades semelhantes as árvores mais velhas.

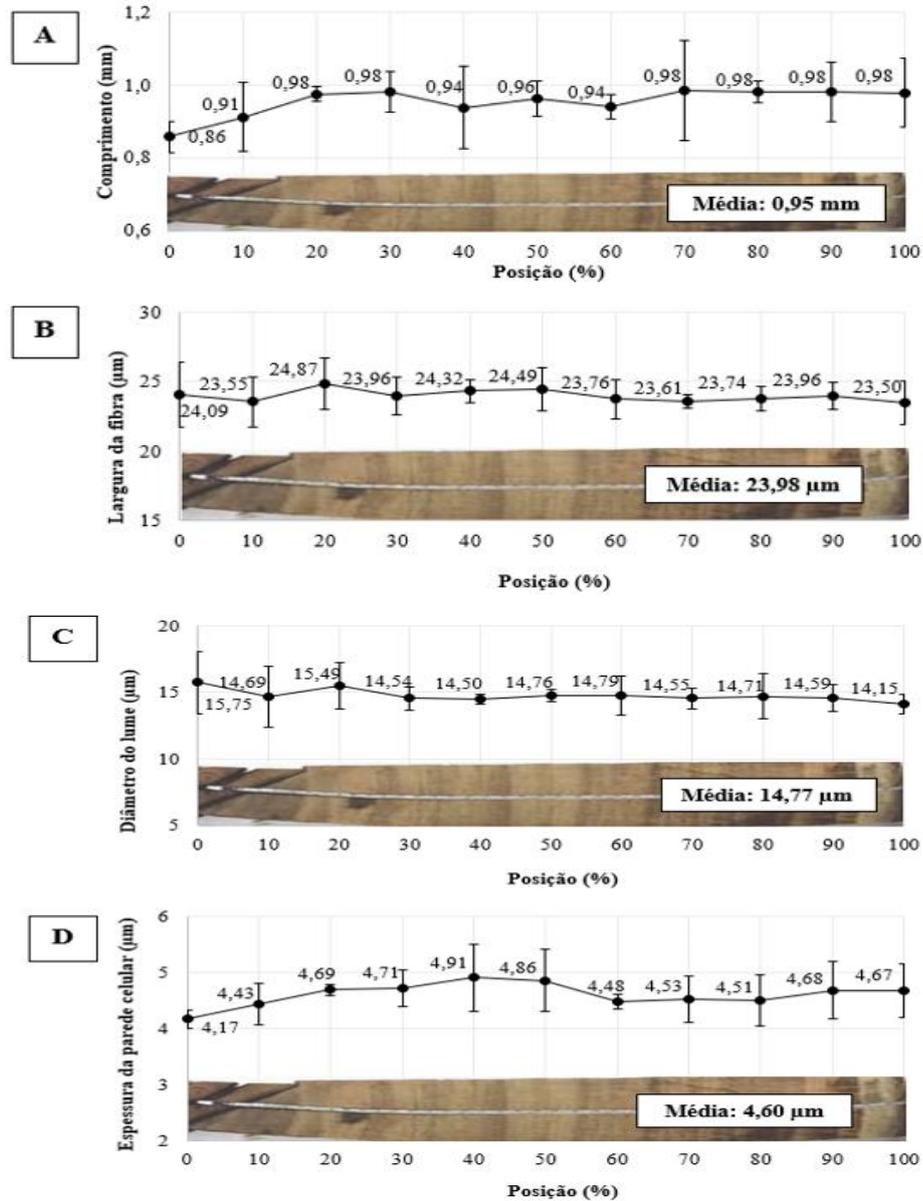
Quando comparada com outras folhosas mais estudadas, Sette Junior *et al.* (2012) observaram para a espécie *Eucalyptus grandis* uma tendência de aumento significativo no sentido radial com a idade da árvore para o comprimento (0,75 a 0,91 mm), largura (13,24 a 16,64 μm), espessura da parede (2,0 a 3,49 μm) e diâmetro do lúmen (9,22 a 9,65 μm). Silva *et al.* (2007) também relatam para o *E. grandis* um aumento no comprimento das fibras em função da variação da idade, os quais destacam, menor comprimento médio próximo a medula (posição 0%). Enquanto Mendes (2021) observou uma tendência de redução no valor de diâmetro do lúmen, aumento do comprimento e espessura no sentido medula-casca para clones de eucalipto.

O comprimento médio (Figura 14A) encontrado para as fibras da madeira da *O. porosa* foi de 0,95 mm, que permite classificá-las como de tamanho médio (entre 0,90 e 1,60 mm), com base na classificação proposta por Metcalfe e Chalk (1983). O comprimento, mesmo não apresentando diferença significativa no sentido radial, mostrou uma amplitude entre 0,85 mm (próximo a medula) e 0,98 mm (próximo a casca).

Os valores de largura das fibras (Figura 14B) registrados apresentaram incremento regular, com baixa variação ao longo da distância radial. O diâmetro do lúmen (Figura 14C) apresentou uma discreta diminuição no sentido medula-casca, porém sem variação

significativa. O valor médio da parede celular das fibras foi de 4,60 μm , enquadrando-se como espessa, conforme as classes propostas por Manimekalai, Pavichandran e Balasubramanian (2002).

Figura 14 – Dimensões médias das fibras da madeira e desvio padrão para *O. porosa* 1,2 e 3: A - variação radial do comprimento (mm), B - largura das fibras (mm), C - diâmetro de lúmen (μm) e D - espessura de fibras da madeira de *O. porosa*.



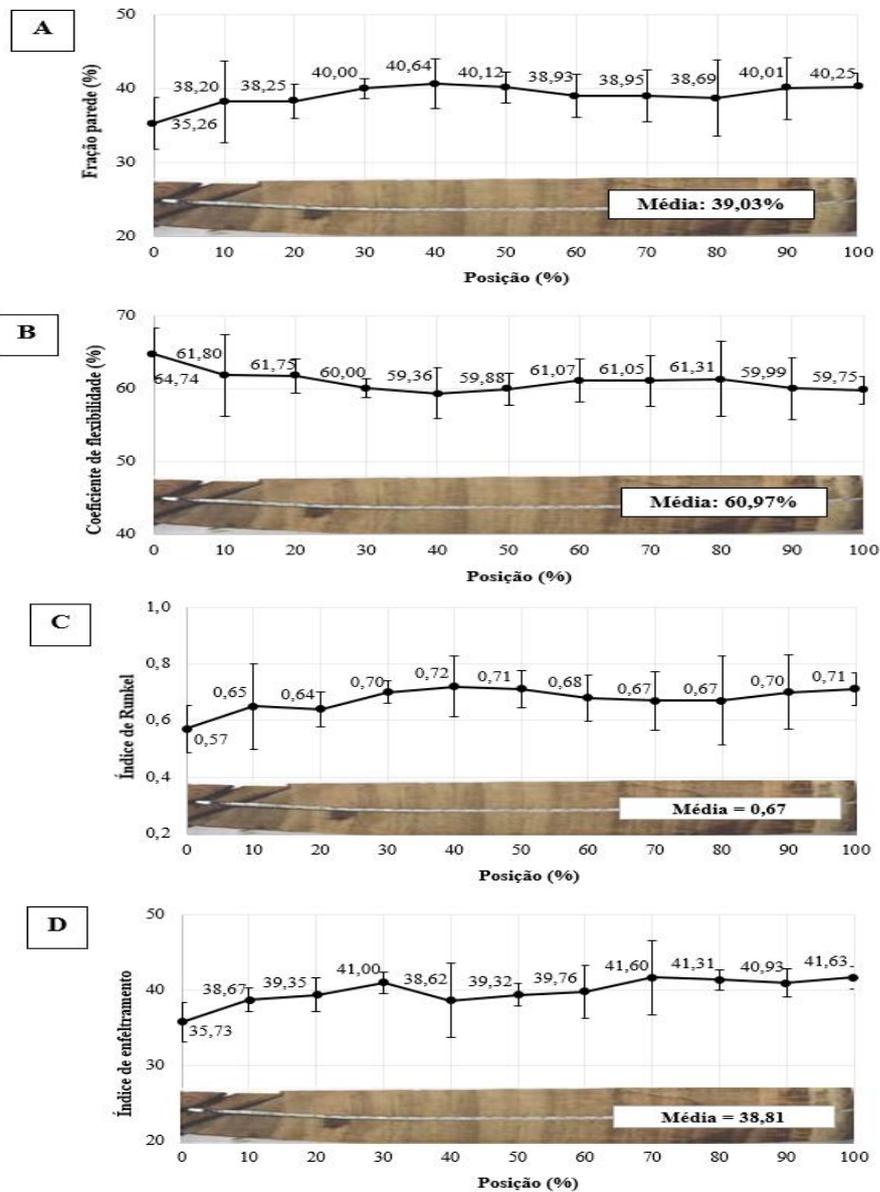
Fonte: O autor (2022).

Os valores médios encontrados no presente estudo para as dimensões das fibras estão próximos aos valores observados para a mesma espécie por outros autores. Marchesan *et al.*

(2006) ao avaliarem seis árvores de *O. porosa* com 38 anos de idade no município de Rio Negro, PR, encontraram valores de 0,99 mm de comprimento, 23,15 µm de largura e 5,06 µm de espessura de parede.

Por outro lado, o comprimento, largura e diâmetro do lúmen obtidos foram superiores aos encontrados por Lobão *et al.* (2011) para a mesma espécie: 0,73 mm de comprimento, 21,45 µm de largura e 14,2 µm de diâmetro do lúmen. Esse mesmo autor obteve 7,25 µm de espessura parede, valor superior ao encontrado nesse estudo (4,60 µm).

Figura 15 – Indicadores anatômicos médios e desvio padrão para *O. porosa* 1,2 e 3: A - Fração parede, B - Coeficiente de flexibilidade, C - Índice de Runkel e D - Índice de enfeltramento, levando em consideração a média entre as três árvores estudadas.



Fonte: O autor (2022).

Na figura 15 estão representados os indicadores anatômicos (fração parede, coeficiente de flexibilidade, índice de Runkel e índice de enfieltramento) das fibras da madeira de *O. porosa* (médias das imbuías 1, 2 e 3). Pela análise de variância efetuada foi possível verificar que não houve diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade, entre as posições do raio para os indicadores anatômicos.

Segundo Nisgoski (2012), os indicadores anatômicos são utilizados para realizar a indicação de madeiras de qualidade para a fabricação de celulose e papel, uma vez que, refletem acerca do entrelaçamento das fibras no processo de fabricação.

A fração parede média (Figura 15A) encontrada para as fibras da madeira da *O. porosa* foi de 39,03%, que permite classificá-la como parede celular de média rigidez (entre 35 e 50%), com base na classificação proposta por Klock (2013). Segundo Foelkel e Barrichelo (1975) valores acima de 40% indicam que as fibras são extremamente rígidas e espera-se baixa qualidade do papel devido à dificuldade na interligação das mesmas.

O coeficiente de flexibilidade observado na figura 15B para as fibras da *O. porosa* (60,97%) situa-se na faixa de 50 a 75%, indicando que as fibras apresentariam colapso parcial, com boa união e boa superfície de contato entre as mesmas (NISGOSKI, 2005). De acordo com Foelkel e Barrichelo (1975), quanto maior o coeficiente de flexibilidade mais flexíveis serão as fibras, e há maior número de ligações interfibras no processo de fabricação do papel, conferindo maior resistência à tração e ao estouro do mesmo.

A observação dos dados do índice de Runkel (Figura 15C) evidência uma tendência de valores crescentes ao longo da distância radial. O valor médio observado foi de 0,67, valor este enquadrado no grupo III – boa para a produção de papel, segundo a classificação de Runkel (TOSTES, 2013). Por meio do índice de Runkel é possível avaliar o grau de colapso das fibras durante o processo de produção de papel, sendo que, quanto mais baixo for o índice, maior é o grau de colapso, permitindo as fibras uma maior superfície de contato, estabelecendo um maior número de ligações entre eles, resultando em um papel de maior resistência a tração e ao estouro (VIVIAN, 2020).

O índice de enfieltramento é a relação entre o comprimento e largura das fibras, quanto maior, melhor será a ligação das fibras e por consequência maior será a resistência ao rasgo do papel. O valor médio encontrado para a madeira de *O. porosa* foi de 39,81 (Figura 15D), considerado baixo e também inferior aos observados em estudos com a espécie

eucalipto, da qual é comumente utilizada para a fabricação de papel do segmento de fibra curta. O valor do índice de enfieltramento para a *O. porosa* é considerado baixo, pois de acordo com Nisgoski *et al.* (2012), prefere-se valores acima de 50, pois conferem boas características ao papel em relação ao rasgo e arrebitamento.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos no presente estudo para as árvores de *O. porosa* multisseculares, conclui-se que:

- Não foi observada diferença estatística para densidade básica para as três árvores de diferentes idades. Quanto a densidade verde, a *O. porosa* 3 apresentou um valor significativamente superior as demais ao nível de 5% de probabilidade;
- Com base no estudo dendrocronológico foi possível constatar que as árvores são multisseculares;
- As dimensões das fibras bem como os indicadores anatômicos não variaram significativamente no sentido radial (medula-casca), o que evidência uma uniformidade destas propriedades ao longo de sua vida;

De forma geral, conclui-se que a madeira de *O. porosa* apresenta boa homogeneidade para densidade e dimensões de suas fibras ao longo dos anos, o que é interessante do ponto de vista comercial ou de futuros plantios florestais, que mesmo árvores mais jovens poderão apresentar madeira de qualidade com propriedades semelhantes a árvores mais velhas.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, C. P. *et al.* Variação radial das propriedades da madeira de *Caryocar brasiliense* Cambess. (pequi-do-cerrado). **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.11, n.2, p.14-22, mar. 2020.
- AMATO, C. M. **Ecologia de populações de *Ocotea porosa* (Nees) Barroso em áreas submetidas a diferentes graus de perturbação**. 2008. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.
- BATISTA *et al.* Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maia, v. 20, n. 4, p. 665-674, out./ dez., 2010.
- BOTOSSO P.C.; MATTOS, P. P. **A idade das árvores: importância e aplicação**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. (Documentos,75).
- BURGER, L.M.; RICHTER, H.G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991.
- BRASIL. **Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014**: Lista nacional oficial de espécies da flora ameaçadas de extinção. Brasília, DF: Ministério no Meio Ambiente, 2014. Disponível: http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/static/pdf/portaria_mma_443_2014.pdf. Acesso em: 30 mar.2021.
- CALDATO, S.L.; LONGHI, S.J.; FLOSS, P.A. Estrutura populacional de *Ocotea porosa* (Lauraceae) em uma Floresta Ombrófila Mista, em Caçador (SC). **Ciência Florestal**, v. 9, n. 1, p. 89-101, jan./jun. 1999.
- CAMPOS FILHO, E. M.; SARTORELLI, P. A. R. **Guia de árvores com valor econômico**. São Paulo, SP: Agroicone, 2015.
- CARDOSO, D. S. **Caracterização anatômica da madeira e potencial dendrocronológico de *Schinopsis* Engl. (Anacardiaceae) na Caatinga sergipiana**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2014.
- CARREIRO, F. S. **Determinação da densidade básica e das dimensões de fibras de um clone de *Eucalypto urograndis* plantado em dois locais no ano de 2007**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2016.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2003.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: Embrapa, 1994.
- CHERELLI, S. G. *et al.* Heartwood and sapwood in eucalyptus trees: non-conventional approach to wood quality. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, São Paulo, v. 90, n. 1, p. 425-438, jul. 2016.

CNCFlora. *Ocotea porosa* in Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012. **Centro Nacional de Conservação da Flora**. Disponível em: [http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Ocotea porosa](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Ocotea%20porosa). Acesso em 4 março 2022.

COELHO, M. U. **Impacto da densidade básica da madeira de *Eucalyptus* na eficiência dos processos de polpação kraft estendidos**. 2021. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021. 22 p.

COSMO, N.L. *et al.* Dendrocronologia da espécie *Ocotea porosa* (Imbuia), Lauraceae, em áreas de Floresta Ombrófila Mista da região de Faxinal do Céu, Paraná. *In: SEMANA SUL-AMERICANA DE CAMPO EM DENDROCRONOLOGIA*, 5., 2009, Faxinal do Céu. **Anais [...]**. Faxinal do Céu: Embrapa, 2009, p. 1-8.

DAROS, T. L. **Sistema reprodutivo e estrutura genética de uma população de imbuia (*Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso – Lauraceae)**. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. p. 1.

DEMUNER, W. P. **Predição do impacto da madeira em fábrica Kraft de eucalipto**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2011.

DIAS, O. A., SIMONELLI, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. **Eciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.9, n.17, dez. 2013.

DIOGO, F. A. **Qualidade da madeira e da celulose de clones de *Eucalyptus* spp. de diferentes densidades**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

DURLO, M. A. **Tecnologia da Madeira: peso específico**. Santa Maria: UFSM, CEPEF, 1991. (Série Técnica, nº 8).

EITELVEN, T.; LUVISON, F.L.; SEVERO, T. C. Xilema: fatores externos que influenciam no seu funcionamento, conectando o cotidiano ao científico. **Revista Interdisciplinar de Ciência Aplicada**, Caxias do Sul, v. 2, n. 3, p. 2–6, jun. 2017.

ENCINAS, I. J.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. **Universidade de Brasília**, Brasília, v. 7, n. 1, 43 p., dezembro, 2005. (Comunicação Técnica Florestais).

FERNANDES, R. R. **Zoneamento edafoclimático da espécie *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na bacia hidrográfica do Rio Marombas**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos, 2016.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H.D. **Formação de povoamentos florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 109.

FIGUEIREDO FILHO, A. *et al.* Crescimento e idade de espécies nativas regenerantes sob plantio de *Araucaria angustifolia* no Paraná. **Floresta Ambiente**, Seropédica, v. 24, n.1, p. 1-9, jul. 2017.

FIORAVANTI, C. Terras de árvores gigantes. **Revista Pesquisa FAPESP**, São Paulo, p. 1-6, set. 2020.

FLORA RS. **Imbuia** [*Ocotea porosa* (Nees) Barroso - **Lauraceae**]. Disponível em: Flora Digital do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (ufrgs.br). Acesso em: 29 nov. 2021.

FOELKEL, C.E.B.; BRASIL, M.A.M.; BARRICHELO, L.E.G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, n. 2/3, p. 67-74, jun. 1971.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G. Relações entre características da madeira e propriedades da celulose e papel. **O Papel**, São Paulo, v.36, n.9, p.49- 53, 1975.

GONZAGA, A. L. **Madeira**: uso e conservação. Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006. (Cadernos técnicos, 6).

GUIMARÃES, F. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; RODRIGUES, A. C. Caracterização anatômica macroscópica do lenho de árvores de espécies de canela, *Ocotea* e *Nectandra* (Lauraceae), ocorrentes no estado de Santa Catarina. **Revista Biotemas**, v. 30, n. 3, p. 9-24, set. 2017.

HESS, A. F.; RICKEN; P.; CIARNOSCHI, L. D. Dendrocronologia, incremento e manejo florestal em floresta de araucária-SC. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 4, p. 1568-1582, out./ dez. 2018.

HORN, E. F. **Forest Products Laboratory Report**, [s. l.], n. 83, p. 10-11, Feb. 1918.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS COMMITTEE. List of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 220-332, Jan. 1989.

INSTITUTO TECNÓLOGICO DE PESQUISA. **Informações sobre madeiras**: Imbuia. [s.d.]. Disponível em: http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/37-imbuia.htm. Acesso em: 30 nov. 2021.

IRANI. **Plano de manejo florestal**. Vargem Bonita: Irani, 2020.

KLOCK, U. **Polpa e Papel – Propriedades do papel**. Curitiba: UFPR, 2013. Disponível em: <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/polpaepapel/papelpropriedades2013.pdf>. Acesso em: 16 de dez. 2021.

LARSON, P. R. *et al.* **Formation and properties of juvenile wood in southern pines**: a synopsis. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, 2001.

LARSSON, L. **Cybis CooRecord**. Saltsjöbaden: Cybis Elektronik & Data AB, 2014a. Disponível em: www.cybis.se. Acesso em: 02 mar. 2022.

LARSSON, L. **Cybis dendro dating program**. Saltsjöbaden: Cybis Elektronik & Data AB, 2014b. Disponível em: www.cybis.se. Acesso em: 02 mar. 2022.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279 - 291, jan./dez. 2000.

LINDENMAYER, D. B.; LAURANCE, W. F.; FRANKLIN, J. F. Global decline in large old trees. **Science**, [s. l.], v. 338, p. 1305-1306, Dec. 2012.

LINDENMAYER, D. B. Conserving large old trees as small natural features. **Biological Conservation**, v. 211, p. 51-59, July 2017.

LOBÃO, M. S. *et al.* Agrupamento de espécies florestais por análises univariadas e multivariadas das características anatômica, física e química das suas madeiras. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 92, p. 469-477, dez. 2011.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992.

LUTZ, J. A. *et al.* Global importance of large-diameter trees. **Global Ecology and Biogeography**, [s. l.], v. 27, n. 7, p. 849-864, May 2018.

MAHMOUD, T.; GAIROLA, S.; EL-KEBLAWY, A. Large old trees need more conservation attention: a case of tamarix aphylla in the arid deserts of the united arab emirates. **Journal Of Asia-Pacific Biodiversity**, [s. l.], v. 8, n.2, p. 183-185, Apr. 2015.

MANIMEKALAI, V.; PAVICHANDRAN, P.; BALASUBRAMANIAN, A. Fibres of *Sorghum bicolor* (L.) Moench and their potential use in paper and board making. **Phitomorphy**, v. 52, n. 1, p. 61-67, Dec. 2002.

MARCHESAN, R. *et al.* **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Ocotea porosa* (Nees & C. Mart.) Barroso**. Colombo: Embrapa Floresta, 2006. (Comunicado Técnico, 162).

MATTOS, P. P. *et al.* **A dendrocronologia e o manejo florestal sustentável em florestas tropicais**. Colombo: Embrapa Florestas, ago. 2011. 35 p. (Documentos, 218)

MATTOS, P. P. *et al.* Aceleração do crescimento em diâmetro de espécies da Floresta Ombrófila Mista nos últimos 90 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 30, n. 64, p. 319-326, nov./dez. 2010.

MELO, J. E. **Madeira**: Características e aplicações. Brasília: LPF, 2002. 30 p.

- MENDES, F. M. **Variação espacial das fibras de eucalipto considerando a estrutura dos anéis anuais de crescimento**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.
- METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons - Wood structure and conclusion of the general introduction**. 2 ed. Oxford: Clarendon Press, 1983.
- MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira**. 1999. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1999.
- NISGOSKI, S. **Espectroscopia no infravermelho próximo no estudo de características da madeira e papel de *Pinus taeda* L.** 2005. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- NISGOSKI, S. *et al.* Características anatômicas da madeira e índices de resistência do papel de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake proveniente de plantio experimental. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 203-211, jun. 2012.
- OLIVEIRA, B. R. U. **Dendrocronologia e análise da variação radial da densidade do lenho de árvores de *Tectona grandis* L.f., do município de Cáceres, MT**. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.
- PANDOLFO, C. *et al.* **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002.
- PINTO, C. D. P. **Caracterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de pinho bravo e de freixo do Nordeste transmontano**. 2014. Tese (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior de Tecnologia e Gestão, Bragança, 2014.
- RAMOS, K. A. **A dendroclimatologia e sua contribuição aos estudos geográficos do clima**. 2020. Trabalho Conclusão do Curso (Bacharelado em Geografia) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020.
- RAZERA NETO, A. **Espécies de madeiras tropicais brasileiras na produção de móveis com madeira sólida na região de Curitiba e municípios vizinhos**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.
- SANTA CATARINA. **Lei nº 17.308, de novembro de 2017**. Consolida as Leis que dispõem sobre Símbolos Estaduais e Regionais do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: Assembleia Legislativa do Estado de Santa Catarina, 2017. Disponível em: http://leis.alesc.sc.gov.br/html/2017/17308_2017_lei.html. Acesso em: 28. nov. 2021.

SANTOS, A. T. *et al.* Determinação da época de desbaste pela análise dendrocronológica e morfométrica de *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso em povoamento não manejado. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 699-709, jul./set. 2015.

SANTOS, A. T. *et al.* **Índices de competição em plantio de *Ocotea porosa***. Colombo, Embrapa Floresta, jul. 2012. (Comunicado Técnico, 295).

SANTOS, P. V. **Utilização de métodos não destrutivos na avaliação da qualidade da madeira de *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze proveniente de plantios de restauração florestal**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2016.

SCANAVACA JÚNIOR, L.; GARCIA, J. N. Densidade básica da madeira de eucalipto. *In*: SIMPÓSIO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA/USP, 10., 2017, Piracicaba. **Anais [...]**. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 2017, p. 76.

SCHWEINGRUBER, F. H.; BÖRNER, A.; SCHULZE, E.-D. **Atlas of Woody Plant Stems: Evolution, Structure and Environmental Modifications**. Berlin: Springer, 2006.

SCIPIONI, M. C. Troncos de árvores monumentais como indicadores de degradação florestal no sul do Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 1712-1725, out./dez. 2019.

SCIPIONI, M. C. *et al.* Decline in Giant tree numbers: status report for Santa Catarina state and perspectives for Brazil, **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 1-5, set. 2019.

SETTE JUNIOR, C. R. *et al.* Efeito da idade e posição de amostragem na densidade e características anatômicas da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1183-1190, jun. 2012.

SILVA, J. C. *et al.* Influência de idade e da posição radial nas dimensões das fibras e dos vasos da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1081-1090, dez. 2007.

SILVA, J. R. M. *et al.* Influência da morfologia das fibras na usinabilidade da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 479-487, jun. 2005.

SIMEONE, M. L. F. KALIL FILHO, A. N. **Composição química e usos da semente de imbuia nativa do município de Colombo**. Colombo: Embrapa Floresta, dez. 2008. (Comunicado Técnico, 218).

SOUSA, L. C. **Caracterização da madeira de tração em *Eucalyptus grandis* e sua influência na produção de polpa celulósica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

SOUZA *et al.* Distribuição espacial da lignina na parede celular da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 47, n. 121, p. 125-130, mar. 2019.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas da madeira *Eucalyptus* spp.** 1990. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

STEPHENSON, N. L. *et al.* Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. **Nature**, [California], v. 507, p. 90-101, Mar. 2014.

TAKARADA, L. M. **Efeito da morfologia das fibras das madeiras de *Eucalyptus* e *Corymbia* na produção e qualidade do carvão vegetal.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. **IPEF**, Piracicaba, n. 29, p. 37-45, abr.1985.

TOMAZELLO FILHO, M. Variação radial da densidade básica em estrutura anatômica da madeira do *Eucalyptus globulus*, *E. pellita* e *E.acmenioides*. **IPEF**, Piracicaba, n. 36, p. 35-42, ago. 1987.

TOSTES, L. C. L.; MACHADO, S. R.; CARIM, M. J. V.; GUIMARÃES, J. R. S. Morfometria das fibras do sistema radicular de *Philodendron bipinnatifidum* Schott (Família Araceae; subgênero Meconostigma). **Biota Amazônia**, Macapá, v. 3, n. 3, p. 15-22, nov. 2013.

VARTY, N.; GUADAGNIN, D.L. **A Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da IUCN: *Ocotea porosa*.** 1998. Disponível em: <https://www.iucnredlist.org/species/32978/9739985>. Acesso em: 27 nov. 2021.

VIVIAN, M. A. et al. Caracterização tecnológica da madeira de *Cupressus lusitânica* visando à produção de polpa celulósica. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 40, p. 1-9, jan. 2020.

VIVIAN, M. A. et al. Imbuia multissecular: caracterização morfológica das fibras da madeira de *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso no sentido radial. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 31, n. 4, p. 2002-2022, out./dez. 2021.